

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE  
MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**PRODUCTIVIDAD DE HIBRIDOS OBTENIDOS DE CRUZAS ELITE DE  
TEXTURA DENTADA POR LINEAS DE MAÍZ PALOMERO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERA AGRICOLA**

**PRESENTA:**

**ANA MARIA LUNA VERA**

**ASESOR: M. C. MARGARITA TADEO ROBLEDO  
COASESOR: DR. ALEJANDRO ESPINOSA CALDERON**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## AGRADECIMIENTOS

*A la Universidad Nacional Autónoma de México por facilitar, mantener y cuidar los espacios en que se desarrollan y crecen los trabajos de investigación a nivel de campo.*

*A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán por tener a su cargo esa extensa tierra para realizar los trabajos de campo que sin ello no se obtendrían resultados para mantener una actividad tan importante como es la agricultura.*

*Al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT: IN205908), por proporcionar los recursos necesarios para el desarrollo de los trabajos de campo.*

*A la M. C. Margarita Tadeo Robledo y al Dr. Alejandro Espinosa Calderón por su valioso apoyo en la dirección de este trabajo de tesis.*

*A los miembros del jurado por su contribución para el mejor entendimiento del trabajo escrito.*

*Al grupo de estudiantes Lupe, Isaias, Betty e Israel que participaron en el*

proyecto PAPIIT:IN205908, por su  
colaboración en los trabajos de campo.

Al Ing. Rafael Martínez por los  
consejos para la mejora del trabajo  
escrito.

Índice.

	Pág.
Índice de cuadros.....	iii
Resumen.....	iv
I. Introducción.....	1
1.1 Objetivos.....	3
II. Revisión de literatura.....	4
2.1. Importancia del maíz Palomero .....	4
2.2. Definición de raza.....	4
2.3. Raza de maíz Palomero Toluqueño.....	4
2.4. Historia y clasificación del maíz Palomero Toluqueño...	6
2.5. Geografía americana del maíz Palomero Toluqueño....	9
2.6. Geografía mexicana del maíz Palomero Toluqueño.....	12
2.7. Subraza Palomera Chihuahua.....	13
2.8. Subraza Palomera Jalisco.....	13
2.9. Subraza Palomera Poblana.....	14
2.10. Usos culturales del maíz Palomero Toluqueño.....	15
2.10.1. Época prehispánica.....	15
2.10.2. Época novohispana.....	17
2.10.3. Siglo XIX.....	18
2.10.4. Siglo XX.....	18
2.11. Tipos de maíz Palomero.....	21
2.12. Genes que afectan la coloración del grano de maíz.....	22
2.13. El almidón en el maíz.....	23
2.13.1 Clases de almidón.....	23
2.13.2. Composición química del almidón.....	23
2.14. Características de calidad.....	24
2.15. Propiedades físicas.....	24
2.16. Composición química.....	26
2.16.1. Composición e importancia del pericarpio.....	28
2.16.2. Relación pericarpio dureza.....	29
2.17. Mecanismos del reventado del maíz Palomero.....	29
2.18. Factores que afectan el reventado.....	30
2.18.1. Temperatura del reventado.....	31
2.18.2. Edad.....	31
2.18.3. Condiciones del almacenamiento.....	31
2.18.4. Humedad del grano.....	32
2.19. Bioquímica del reventado.....	32
2.20. Características morfológicas del maíz Palomero.....	33
2.21. Fenología.....	34
2.22. Análisis de crecimiento.....	35
2.23. Endogamia y heterosis.....	36
2.23.1. Endogamia.....	36
2.23.2. Heterosis.....	37
2.24. Pureza genética del maíz.....	38
2.25. Variedad.....	40
2.26. Maíz híbrido.....	41
2.27. Fuentes de germoplasma.....	42
2.28. Mejoramiento.....	43

2.29.	Rendimiento.....	43
2.29.1.	Componentes de rendimiento.....	44
2.29.1.1.	Componentes de rendimiento de grano.....	44
2.30.	Calidad de semilla.....	46
2.31.	Rendimiento agronómico y sus índices.....	48
2.32.	Relación entre la fuente y la demanda.....	50
2.33.	Ahijamiento o macollamiento del maíz.....	51
III.	Materiales y métodos.....	53
3.1.	Ubicación geográfica.....	53
3.2.	Condiciones edafoclimáticas.....	53
3.3.	Material genético.....	54
3.4.	Diseño experimental.....	55
3.5.	Tamaño de la parcela.....	55
3.6.	Manejo agronómico.....	55
3.6.1.	Preparación del terreno.....	55
3.6.1.1.	Barbecho.....	55
3.6.1.2.	Rastreo.....	56
3.6.1.3.	Cruza.....	56
3.6.1.4.	Surcado.....	56
3.6.2.	Siembra.....	56
3.6.3.	Control de malezas.....	56
3.6.4.	Cosecha.....	57
3.7.	Variables evaluadas.....	57
3.7.1.	Días a floración masculina.....	57
3.7.2.	Días a floración femenina.....	57
2.28.	Altura de la planta.....	57
3.7.4.	Altura de la mazorca.....	58
3.7.5.	Sanidad de la planta.....	58
3.7.6.	Numero de plantas cosechadas.....	58
3.7.7.	Mazorcas buenas y mazorcas malas.....	58
3.7.8.	Sanidad de la mazorca.....	58
3.7.9.	Peso de 200 granos.....	58
3.7.10.	Peso volumétrico.....	59
3.7.11.	Longitud de mazorca.....	59
3.7.12.	Diámetro de olote.....	59
3.7.13.	Número de granos por hilera.....	59
3.7.14.	Número de hileras por mazorca.....	59
3.7.15.	Granos por mazorca.....	59
3.7.16.	Peso de campo.....	60
3.7.17.	Porcentaje de materia seca.....	60
3.7.18.	Porcentaje de grano.....	60
3.7.19.	Rendimiento.....	60
3.8.	Análisis estadístico.....	61
IV.	Resultados.....	62
V.	Discusión.....	66
VI.	Conclusiones.....	68
VII.	Bibliografía.....	69

## Índice de Cuadros.

Cuadro 1	Características diferenciales del grano del maíz	22
Cuadro 2	Componentes del grano de maíz	24
Cuadro 3	Componentes químicos del maíz	26
Cuadro 4	Valor nutritivo del maíz palomero en 100 gramos de peso neto	28
Cuadro 5	Efecto de tratamientos al pericarpio sobre el volumen expandido	31
Cuadro 6	Híbridos androestériles, fértiles, androestéril/fértil obtenidos de combinaciones de líneas elites por líneas evaluadas en la FESC-UNAM. Primavera-Verano 2006	54
Cuadro 7	Cuadros medios y significancia estadística obtenidas en la evaluación de variables en variedades de maíz palomero del INIFAP-UNAM en El Rancho Almaraz, FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli P – V 2006.	62
Cuadro 8	Comparación de medias (Tukey 0.05) de las variables rendimiento, altura de planta, altura de mazorca y mazorca sana evaluadas en híbridos obtenidos de combinaciones de líneas elites por maíz palomero del INIFAP-UNAM en El Rancho Almaraz, de la FES – Cuautitlán UNAM. Ciclo Primavera – Verano 2006.	64
Cuadro 9	Comparación de medias (Tukey 0.05) de las variables peso de 200 granos, hileras/mazorca y diámetro de mazorca, evaluadas en híbridos obtenidos de combinaciones de líneas elites por maíz palomero del INIFAP-UNAM en El Rancho Almaraz, de la FES – Cuautitlán UNAM. Ciclo Primavera – Verano 2006.	65

## Resumen

En México el cien por ciento de la semilla que se utiliza de maíz palomero es de importación, aunque en algunos lugares como el norte de Tamaulipas, ya se está impulsando su producción, por mucho tiempo se ha importado prácticamente la totalidad de grano. Por ello mismo, no se cuenta en el país con variedades de buena capacidad de expansión, que consecuentemente no son aceptadas en el mercado. El 80% de maíz palomero que se comercializa en México, es producido por la empresa Veloz Ramos S. A. de Tamaulipas. Esta compañía importa la semilla de E. U. y la siembra en los estados de Sinaloa y Tamaulipas principalmente. El parámetro de calidad más importante es su capacidad de reventado, mismo que debe ser superior a los 44 litros por kilogramo de maíz.

En la Cátedra de Investigación titulada Mejoramiento genético y producción de semillas de maíz, se inició en el año 2004, trabajos con maíz palomero, para lo cual se recurrió a dos fuentes de germoplasma palomero, una procedente de Estados Unidos de Norteamérica y otra obtenida en México, aún cuando es muy probable que también descende de material de U.S.A., ambas fuentes se combinaron con líneas del programa de mejoramiento de la FESC, con la intención de aprovechar patrones heteróticos ya conocidos, identificando probables respuestas en la combinación de cada palomero, con las líneas elites e iniciar la conversión de estas líneas hacia su versión palomera (reventadora), estos cruzamientos en los años subsecuentes se retrocruzarían hacia el germoplasma palomero, para incrementar la calidad reventadora, hasta tener después de varios ciclos, líneas adaptadas a los Valles Altos, como son las líneas elites que se manejan en el programa de investigación, pero con la calidad reventadora (palomera). De esta manera, este trabajo es uno de los primeros, en el proceso que se señala, ya que se evalúan en su primera etapa, combinaciones de líneas palomeras con líneas elite, estableciéndose como objetivos : 1. Determinar la capacidad de rendimiento de 8 híbridos producto de combinaciones de línea elite por fuente palomera con respecto a tres testigos de textura dentada; 2. Determinar en cuanto a rendimiento y componentes de rendimiento, cual es el mejor híbrido.

Bajo las condiciones en las cuales se desarrollo el trabajo, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. No se presentó diferencia significativa estadística significativa entre los genotipos en estudio para la variable rendimiento. La media más alta lo presentó el híbrido de textura dentada denominado Puma 1167 seguido por los materiales experimentales (242AE x

POB42 x PB x PB) x 244AE x 244F) x Palomero USA, que rindió 9194 kg/ha, y la combinación (141 x MU2000) x Palomero Resurrección, que produjo 9003 kg/ha son híbridos que presentaron las medias más altas en rendimiento en el presente estudio en contraste con el genotipo experimental (UIA242 x 242) x 243) x Palomero USA que presentó la media más baja.

2. La productividad de las combinaciones con líneas palomeras es aceptable con respecto al testigo Puma 1167, debido a que no se obtuvo diferencia significativa entre los genotipos en estudio y podría servir de información base para futuros cruzamientos, después de lograr líneas homogéneas y de calidad palomera.
3. Los materiales donde participan palomeros (141 x MU2000) x Palomero Resurrección y (242AE x POB42 x PB x PB) x 244AE x 244F) x Palomero USA se obtuvieron una media más alta en rendimiento a los híbridos H-49 AE y H-51 AE, lo que es importante ya que estos maíces se promueven en su validación comercial y señala que hay un buen potencial productivo de combinaciones con maíz palomero.

## I. Introducción.

El cultivo de maíz, posee una extraordinaria variabilidad genética, es el resultado de la interacción entre la naturaleza y el hombre que coopera para el desarrollo de la multiplicación de las poblaciones adaptadas para diferentes ambientes (Hallauer y Miranda, 1982).

Su centro de origen más probable es el Sur y Centro de América más que Norteamérica (Hallauer, 1994). Erwin, citado por Ziegler *et al.* (1984), después de repasar las referencias históricas del maíz Palomero sugirió que este tipo de maíz era una mutación del maíz duro (cristalino). Sin embargo, Brunson (1955), citado por el mismo autor, estudió esa evidencia y determinó que el hecho de tener la habilidad de reventar son caracteres cuantitativos controlados por muchos genes; esto hizo improbable la hipótesis de Erwin.

La región Mesoamericana es sin duda el centro de origen del maíz. De las alrededor de 50 razas Mexicanas sólo cuatro de ellas han sido ampliamente estudiadas, primordialmente con fines de mejoramiento genético. La raza Palomero Toluqueño es una de las razas fundamentales en los Valles altos de Mesa Central de México, y ha recibido poca atención de los fitomejoradores.

El origen del maíz Palomero (*Zea mays* L.) es un componente importante en las discusiones del origen de todo el maíz. El maíz Palomero fue cultivado por los indígenas de América y era desconocido en Europa antes del descubrimiento de América.

El mayor rasgo que separa al maíz Palomero de los demás tipos de maíz, es la formación de largas rosetas después del reventado en respuesta al calor. Como con otras características de maíz, la distinción entre la habilidad de producir o no una roseta en respuesta al calor aún no está bien definida. El tipo duro tiende a formar una roseta cuando se calienta, pero esas hojuelas son relativamente muy pequeñas comparadas con las producidas por el maíz Palomero (López, 1999).

El maíz palomero es considerado el maíz más primitivo hasta el momento (Mangelsdorf y Smith, 1949) y sus fechas del descubrimiento nuevo de 2500 años a. de C. Actualmente, las palomitas de maíz es una cosecha comercial importante en el mundo y su producción ha estado aumentando constantemente por décadas (Zeigler, 2001).

El centro de origen del maíz palomero probablemente es en Mesoamérica y Sudamérica, donde numerosas evidencias fueron encontradas; pero esta relación con otros grupos de maíces esta aún bajo discusión (Ziegler, 2001) y hay solamente pocos estudios publicados acerca de la diversidad genética del maíz palomero del Nuevo Mundo y la relación con la genética y la historia (Kentety *et al.*, 1995; Senior *et al.*, 1998).

El maíz palomero, en particular, es un tipo de maíz antiguo. En el resto de las civilizaciones prehistóricas en México y Sudamérica, los utensilios de cerámica para maíz reventado son frecuentemente descubiertas, y en el resto actual de especies, el maíz palomero predomino sobre otros tipos de maíz.

Mangelsdorf (1950) señala que las antiguas poblaciones descubrieron que el maíz tuvo un origen útil como alimento cuando el grano por accidente se expuso al fuego provocando una pequeña explosión, la cubierta del endospermo, transformando la semilla dura adentro en blanda, de buen sabor y un alimento nutritivo, de suerte que, la explosión en el reventado tuvo, casi seguramente, una característica que decidió a que el hombre domesticará al maíz. Es una evidencia, el teocintle, el más probable ancestro del maíz moderno, posee una capacidad de reventado sustancial.

El maíz palomero (*Zea mays* L.) es producido principalmente en los Estados Unidos, tanto para consumo interno como para su exportación.

Cerca del 55% del maíz palomero consumido en los Estados Unidos es procesado en casa; el resto es utilizado como ingrediente para las industrias y compañías manufactureras de palomitas. Se calcula que en los Estados Unidos la superficie sembrada alcanza hasta 100,000 hectáreas (Becerra, 1980).

México a pesar de ser uno de los centros de origen de este tipo de maíz y no obstante poseer las variedades más antiguas, como raza Nal-tel, solo recientemente se han encausado programas de mejoramiento.

Actualmente en México el cien por ciento de la semilla que se utiliza de maíz palomero es de importación, aunque en algunos lugares como el norte de Tamaulipas, ya se está impulsando su producción, según lo señalado por Benítez (2006). Durante mucho tiempo México se vio en la

necesidad de importar maíz palomero, causa de ello es la existencia en México de variedades de baja capacidad de expansión, que consecuentemente no son aceptadas en el mercado, (Saenz, 1981). Para el año de 1995 se importaron 21,100 toneladas de maíz palomero (Medina, 1997).

El 80% de maíz palomero que se comercializa en México, es producido por la empresa Veloz Ramos S. A. de Tamaulipas. Esta compañía importa la semilla de E. U. y la siembra en los estados de Sinaloa y Tamaulipas principalmente. El parámetro de calidad más importante es su capacidad de reventado, mismo que debe ser superior a los 44 litros por kilogramo de maíz (Veloz, 1998).

En la Cátedra de Investigación titulada Mejoramiento genético y producción de semillas de maíz, se inició en el año 2004, trabajos con maíz palomero, para lo cual se recurrió a dos fuentes de germoplasma palomero, una procedente de Estados Unidos de Norteamérica y otra obtenida en México, aún cuando es muy probable que también descende de material de U.S.A., ambas fuentes se combinaron con líneas del programa de mejoramiento de la FESC, con la intención de aprovechar patrones heteróticos ya conocidos, identificando probables respuestas en la combinación de cada palomero, con las líneas elites e iniciar la conversión de estas líneas hacia su versión palomera (reventadora), estos cruzamientos en los años subsecuentes se retrocruzarían hacia el germoplasma palomero, para incrementar la calidad reventadora, hasta tener después de varios ciclos, líneas adaptadas a los Valles Altos, como son las líneas elites que se manejan en el programa de investigación, pero con la calidad reventadora (palomera). De esta manera, este trabajo es uno de los primeros, en el proceso que se señala, ya que se evalúan en su primera etapa, combinaciones de líneas palomeras con líneas elite, estableciéndose los objetivos:

## OBJETIVOS.

1. Determinar la capacidad de rendimiento de 8 híbridos producto de combinaciones de línea elite por fuente palomera con respecto a tres de textura dentada.
2. Determinar en cuanto a rendimiento y componentes de rendimiento, cual es el mejor híbrido.

## II. Revisión de literatura.

### 2.1. Importancia del maíz Palomero.

El cultivo de maíz palomero en México es prácticamente muy reducido y sólo se producen pequeñas cantidades en zonas de altitudes bajas e intermedias, aunque parece desarrollarse mejor en las regiones bajas de los estados de las costas de noroeste, desde Sonora a Guerrero, donde se siembra principalmente por tradiciones religiosas o por curiosidad (Estrada, 1970) citado por Vite (1987).

El maíz que se consume en México en la actualidad es importado de los Estados Unidos que es el país en el cual se produce el 0.1% a nivel mundial. Debido a que nuestro país carece de variedades tipo comercial con una capacidad de expansión suficientemente alta para satisfacer al consumidor (Robles, 1970; Arias, 1973) citado por Vite (1987).

### 2.2. Definición de raza.

Anderson y Cutler (1942) citado por Hernández (1987), definieron el concepto de raza como un grupo de individuos emparentados entre sí, con suficientes características en común para permitir su reconocimiento como grupo.

Hernández y Alanis (1970) citado por Ramos (1972) definen raza como “una población con un conjunto sustancial de características en común que la distinguen como grupo y la diferencian de otras poblaciones, con capacidad de transmitir con fidelidad dichas características a las generaciones posteriores y que ocupa un área ecológica específica”.

### 2.3. Raza de maíz palomero toluqueño.

Según Wellhausen *et al.*, (1951) la raza Palomero Toluqueño es primitiva por que tiene semillas capaces de reventar, estrías en los granos de la base de la mazorca, amplia separación de las espiguillas postiladas, no muestra glumas prominentes y tiene raquillas muy cortas; así como por el hecho que es uno de los progenitores de las raza Cónico. Esta última es predominante en la Mesa Central y que ha sido el progenitor de otras razas modernas como Chalqueño y Cónico norteño.

Mangelsdorf (1974) sugiere que el Valle de Toluca sería el lugar donde se originó Palomero Toluqueño y desde donde probablemente se distribuyó a otras regiones y países.

Según Wellhausen *et al.*, (1951) y Mangelsdorf (1974) las características principales de esta raza son:

Adaptación a grandes altitudes (2200 a 2800 *msnm*), plantas de pequeña altura, raíz pequeña, hojas caídas, vaina pubescente y coloreada, madurez temprana, hijos o macollos altos, inflorescencia masculina con espiga central prominente, mazorca cónica, granos puntiagudos y delgados, endospermo blanco, aleurona incolora, pericarpio blanco sucio o coloreado, presencia de estrías en los granos de la base de la mazorca, bajo número de nudos cromosómicos y presencia de un gen de esterilidad para el cruzamiento.

Mangelsdorf (1974) explica la persistencia de esta raza como tal, a pesar de la antigüedad y las obvias mezclas, debido a que por lo menos 6 de los 10 cromosomas están involucrados en cerca de la mitad de los caracteres de Palomero Toluqueño (la mayoría de herencia multifactorial). Esto permite que, aunque la raza sea altamente infiltrada por otras razas, si ella retiene aún una cierta cantidad de sus cromosomas puede exhibir algunas características originales.

En las cruzas interraciales en las que intervino esta raza (Barrientos Pérez, 1962; Molina Galán, 1964; Castro Gil, 1964), en las cuales se buscaba fundamentalmente alto nivel de heterosis para rendimiento de grano, no destacó significativamente y quizá por esta razón no ha sido tomada en cuenta en los programas de mejoramiento. Carballo Quiroz sostiene que en la generación de híbridos se han seguido ciertos patrones establecidos, utilizando sólo determinadas colectas de pocas razas. Así, señala que para la Mesa Central se han utilizado básicamente Cónico, Cónico Norteño y Celaya, y en la zona tropical, Tuxpeño y Vandeño.

Muñoz Orozco *et al.*, (1976) señalan lo limitado en cuanto a germoplasma y en adaptación de los maíces mejorados generados para valles altos hasta mediados de los setentas.

Ortega Paczka *et al.*, (1991) indican los principales materiales de maíz con que se trabaja en la actualidad en México, anotan además que actualmente el germoplasma en uso en el país es

más amplio que en el pasado aunque está muy lejos de abarcar la gama de materiales sobresalientes.

#### 2.4. Historia y clasificación del maíz Palomero Toluqueño (*Zea mays everta*).

Los tipos de maíz Palomero juegan un papel importante en la historia del maíz. Dado que México es uno de los principales centros de origen del maíz, las variedades más antiguas encontradas en nuestro país, se han identificado como maíz Palomero o rocero, como ejemplo de ello tenemos la raza Nal-Tel (Robles, 1979) citado por Saenz, 1981.

En 1949, Richard Mac Neish excavó en la cueva La Perra en el oeste de Tamaulipas, México y encontró restos de maíz, frijol y otras plantas. Las especies de maíz, datan de 2500 d. de C., fue identificada con relación al Nal-Tel, una raza mexicana de maíz palomero con características primitivas, el cual también se encontró en las excavaciones de Tehuacan (Mac Neish, 1964; Mangelsdorf *et al.*, 1964).

Alexander *et al.* (1977) analizó una colección de especies de maíz de una zona arqueológica de la costa central de Perú, data de 4800 años, y, basado en una morfología comparativa, concluyendo que las especies pueden estar asignadas para las razas de maíz palomero Confite Morocho.

Una serie de descubrimientos arqueológicos tienen reforzado en concepto que el maíz palomero es uno de los tipos de maíz antiguo. En excavaciones de la última parte de 1980 se provee una evidencia directa temprana del uso del maíz en zonas Olmecas en la costa de la planicie de México entre 2250 años a. de C. y 200 años d. de C. (Rust y Leyden, 1994).

Varias especies de maíz de 100 años d. de C. que se recuperaron de zonas arqueológicas del norte de Chile, algunas de las especies antiguas corresponden a las razas de maíz palomero moderno como Polulo, la cual cierra relación para raza de maíz palomero de Perú como Confite con mazorcas grandes, relacionado al maíz palomero del Perú de la raza Confite Puntigudo. Los restos de las especies fueron relacionadas con Capio Chico, una raza que no es maíz palomero (Mangelsdorf y Pollard, 1975).

En los Estados Unidos, Hebert Dick y Earle Smith encontraron restos antiguos de maíz en 1948 en la cueva de murciélagos en Nuevo México. Los restos datan de 5600 años, fueron también determinados como maíz palomero (Mangelsdorf *et al.*, 1964), y en su opinión las mazorcas de los restos antiguos de maíz de la cueva de murciélagos fueron relacionadas con la raza Chapalote; adicionalmente, los granos antiguos tenían un pericarpio café, y el Chapalote es solamente una raza moderna mexicana con el pericarpio café. El Chapalote se pudo recuperar también de otras zonas arqueológicas en Arizona, Utah, Colorado, Nebraska, Oklahoma y Texas (Mangelsdorf, 1974).

Los descubrimientos arqueológicos son abundantes y como se ve en los ejemplos citados, tienen consistentemente señalado también al maíz palomero que es uno de los tipos de maíz antiguos usados por el hombre.

La derivación del “maíz palomero” es el nombre empleado comúnmente para los maíces reventadores de la Mesa Central que producen “palomitas” o “rosetas” cuando se exponen a elevadas temperaturas. Dicho nombre fue asignado por Wellhausen *et al.* (1987). Este autor desconoce el origen del nombre “palomero”. De acuerdo con sus características, las variedades de maíz de México pueden dividirse en cinco grupos principales, en la siguiente forma:

- a) Indígenas antiguas
- b) Exóticas precolombinas
- c) Mestizas prehistóricas
- d) Modernas incipientes, y un grupo adicional que da cabida a las
- e) Variedades no bien definidas (Wellhausen *et al.*, 1987)

En ciertas épocas de la historia del cultivo del maíz en México se ha registrado la influencia de variedades exóticas de países del sur, que por la diversidad geográfica de nuestro país, ayudó a su rápida diferenciación (Wellhausen *et al.*, 1987)

Estos factores han hecho que el maíz palomero toluqueño posea varias subrazas ya registradas y distribuidas en el país.

Algunos investigadores como Wellhausen (1987) creen que las razas indígenas Palomero toluqueño, Arrocillo amarillo, Chapalote y Nal-tel se originaron del maíz primitivo tunicado, que se

caracteriza porque cada grano se encuentra envuelto individualmente por una bráctea, ya que varios restos se han encontrado en Nuevo México y Chihuahua. Además, el Chapalote y el Naltetel, son formas de maíz tunicado, tienen mazorcas pequeñas y son relativamente precoces.

Es una evidencia adicional, el teocintle, el más probable ancestro del maíz moderno, posee una capacidad de reventado considerable (Cuevas *et al.*, 1997).

Aunque existe la otra hipótesis que señala al teocintle (*Zea mays parviglumis*) como ancestro original (Cohen, 1981), el cual también ha llegado sorprendentemente a reventar y formar "palomitas". Se aprecia que al exponerse al calor estallan aquellos granos de embrión prominente (Romero *et al.*, 2005).

Aunque Wellhausen *et al.* (1987) señala la posibilidad de que el maíz se haya derivado directamente del teocintle queda casi descartada en la actualidad, como resultado de los datos obtenidos recientemente sobre el maíz prehistórico descubierto en el estado de Nuevo México. Este material descrito por Mangelsdorf y Smith en 1949, demuestra que el maíz primitivo fue un maíz tunicado y no un derivado del teocintle.

El maíz Palomero toluqueño y el Arrocillo amarillo, se han encontrado únicamente en lugares muy altos (por arriba de 2000 *msnm*), mientras que los otros se han encontrado en las regiones tropicales a altitudes aproximadas de 100 *msnm*. Esto sugiere que las variedades antiguas son menos sensibles a los cambios, cuando menos los relacionados con la altitud, en relación a los tipos más modernos (Wellhausen *et al.*, 1985). El maíz Palomero toluqueño está clasificado dentro del primer grupo de razas de maíz, denominado "Indígenas antiguas".

Sin embargo, al carecer de registro histórico formal, el origen del maíz y de la variedad Palomero toluqueño ha sido por largo tiempo un problema etnobotánico controvertido. Recientemente varias técnicas modernas se han aplicado a este problema, que incluyen, además de las tradicionales excavaciones arqueológicas, a la taxonomía numérica (cladística), el análisis de cromosomas y aloenzimas, así como a las técnicas aceleradas de datación basadas en la espectrometría de masas. La aplicación de tales procedimientos ha permitido a los científicos precisar como fecha y sitio aproximados en que ocurrió la "domesticación del maíz" entre los 4000 y los 3000 años a. C. en la cuenca del río Balsas, en el actual estado de Michoacán. Sin

embargo, aún hay ciertas dudas acerca de si tal avance cultural constituyó, en palabras de Iltis y Doebley (1980), “un proceso o un evento”.

En la búsqueda de evidencias pertinentes a los orígenes del maíz en Mesoamérica, los arqueólogos Richard Mc Neish (1972) y Kent Flannery (1976) guiaron varios equipos interdisciplinarios en diversas excavaciones de cuevas ubicadas en las zonas áridas altas de la Altiplanicie Central Mexicana. Desde la década de 1940 hasta la de 1960, dichos investigadores documentaron la transición del estilo de vida cazador-recolector a la de los primeros agricultores que ocurrió durante el cuarto y tercer milenio antes de Cristo, en los actuales estados de Tamaulipas, Puebla y Oaxaca (las fechas indicadas corresponden a las asignadas por los investigadores actuales y son datos más recientes que los calculados por Mc Neish y Flannery). La descripción que emergió correspondió a una serie de bandas migratorias que seguían los patrones estacionales evidenciados por plantas y animales, subsistiendo del venado, conejos y otras presas menores similares, recolectando piñones, zarzamora y otras especies, así como experimentando con frutos deshidratados y diversas formas de consumo de cereales.

Durante un período de 2000 años los cazadores-recolectores residentes en Coxcatlán, Puebla y también los de Huilac Nautiz, en Oaxaca, gradualmente comenzaron a depender más de los cultivos y menos de las actividades de caza y recolección. Algunas obras de irrigación, así como la manufactura de cerámica y de textiles, fueron indicadores de estratificación y complejidad social. Es probable que alrededor del año 400 a. C., las características del maíz palomero toluqueño, así como de las otras razas indígenas antiguas, estuvieran bien definidas, ya que habría alcanzado ambas costas de México y el despegue cultural de los pueblos en la Altiplanicie, sureste de la costa del Golfo, así como las tierras bajas de Chiapas y Guatemala había dado inicio.

## 2.5. Geografía americana del maíz Palomero toluqueño (*Zea mays everta*).

Es importante acercarnos a la probable y antigua distribución del maíz Palomero toluqueño y sus subrazas (reventadores), para tratar de dilucidar los procesos y contextos de su expansión y extinción.

Uno de los datos más alejados sobre maíces reventadores se encuentra en las cámaras de almacenaje del Museo Americano de Historia Natural, donde se reporta que hay una serie de

frascos de cristal que contienen restos de sepulcros sudamericanos antiguos y que contienen los granos estallados de maíz. Estos proceden de Ecuador, donde la “palomitas” todavía hoy toman un lugar importante en la dieta de los campesinos de la montaña.

Sin embargo, estas “palomitas” conocidas como canguil, nombre nativo utilizado en el Ecuador, son una variedad de maíz reventador diferente al de las palomitas del maíz reventador del México occidental. No obstante, tienen granos que estallan como el maíz Palomero toluqueño, pero son mucho más grandes y se hinchan en la base, afilándose precipitadamente a un punto agudo y los ápices son mucho más largos, más grandes y ramificadas con las glumas muy pequeñas. Es muy probable que estas variedades de maíz que hacen “palomitas” hayan evolucionado en Ecuador por un tiempo muy largo y de manera independiente, como las otras variedades en regiones sudamericanas, también consideradas como variedades indígenas primitivas. Sin embargo, si el origen del maíz se encuentra en México es necesario considerar la posibilidad de alguna relación muy antigua con las variedades primitivas de esta zona geográfica.

Los casos de maíz reventador no se agotan para Sudamérica en Ecuador. Una serie de excavaciones en la zona arqueológica conocida como “el Pájaro”, hechas por el Museo Americano, han descubierto una variedad distinta igualmente reventadora en la costa del Chile norteño. De hecho, dentro del nivel más bajo de sus excavaciones en Arica, se encontró un maíz que se supone reventador. Los restos hallados son similares a los tipos de “palomitas” que todavía crecen en algunos “oasis” de esta región chilena. Es también significativo que los bolsos de almacenaje de este maíz en su preparación “molida” o “pinole”, fueron recuperados también de estos mismos niveles. Es importante enfatizar que los maíces primitivos se usaron y se usan frecuentemente, más en forma de “pinole” o “palomitas” para ser conservados e ingeridos, que en su forma de masa o harina nixtamalizada, proceso mucho más arduo y tardado, que fue descubierto cientos de años después.

En vez de cuatro maíces primitivos reventadores originarios de México se han encontrado por lo menos cuatro más en Sudamérica. Tres de ellos se remontan definitivamente a la época antes de Cristo (1200 a. C.). Los maíces de sur y su parentesco con los mexicanos todavía esta en proceso de investigación, pues se desconocen los caminos particulares de cada uno de ellos, ni de los reventadores como variedad independiente o cercana. Lo que sí se puede inferirse de los datos presentados, es que:

- a) Todos forman parte de variedades muy antiguas
- b) Todos son reventadores
- c) Hay una cultura particular similar en su consumo, aunque faltan más comparaciones culturales y geográficas.

En el otro extremo del continente, hacia el Norte, Kenneth (2002) trató de categorizar las poblaciones de maíz palomero en grupos de similitud por patrones comparables en morfología, estableciendo asociaciones entre poblaciones de Estados Unidos con aquellas de México y Sudamérica.

Se señala que un grupo incluye a los palomeros de grano puntiagudo "tipo arroz". Este grupo lo subdivide en dos: el primero integrado por los típicos palomeros de grano puntiagudo de los Estados Unidos (Pinky Popcorn, White Rice, Japanese Hulless, Golleen Australian Hulless, Bearclaw, Black Beauty Strawberry), los cuales se derivaron de los maíces puntiagudos de Latinoamérica, incluidos el segundo subgrupo de variedades como el palomero de Chihuahua, confite puntiagudo (Cuzco 31), canguil (WC 90) y pinsankalla, los cuales se difunden por el norte de México hacia el SO de los Estados Unidos (Kenneth, 2002). Además en la parte suroeste de los Estados Unidos existen dos relaciones que son expuestas por el nudo grande en 1L, la cual se encontró en el maíz de las tribus Yuma, Hopi y Apache de Arizona, al igual que en la Navajo de Nuevo México. También apareció en el maíz de dos tribus en Oklahoma, los kiowa en el brazo del territorio de Oklahoma, los kiowa en el brazo del territorio de Oklahoma y los Mescalero en la sección suroeste del estado. Los Mescalero son apaches, mientras que solamente un segmento de los kiowa estuvo asociado con apaches. El intercambio de maíz entre estas tribus se hace evidente en la constitución cromosómica de sus variedades (Clinfoc *et al.*, 1981).

Clinfoc detalla que las variedades que tienen el nudo grande 6L1, acusan relación con el palomero toluqueño y son: cónico-palomero toluqueño en el norte y centro de Puebla marceño (chalqueño) en Hidalgo, cónico norteño en Querétaro, chalqueño pepitilla y una variedad no clasificada en Michoacán y un cónico norteño-chalqueño y Celaya-cónico en Guanajuato. Las variedades en el México central están relacionadas, por medio de varias combinaciones híbridas, con la variedad primitiva palomero toluqueño; la cual, a su vez, tiene conexiones ancestrales con la variedad primitiva nal-tel (Clinfoc *et al.*, 1981).

Esta sorprendente correlación entre las constituciones de nudos de maíz del centro de México y del suroeste de los Estados Unidos, sin vínculos inmediatos que los unan, encuentra apoyo en el arqueólogo Haury quien proyectó la aparición de los pueblos Hohokam en Arizona como consecuencia de una migración directa del centro de México (probablemente de Guanajuato) alrededor del año 300 a. C. Estos emigrantes llevaron consigo los sistemas culturales y agrícolas de su región de origen; que incluían un sistema elaborado de irrigación que permitió la introducción de nuevas prácticas y productos agrícolas, entre los que estaban tipos de plantas que ahora podrían ser cultivadas en esta área desértica (Clinfoc *et al.*, 1981). Como se aprecia, tanto al sur del continente como al norte, la influencia del maíz palomero toluqueño hace constatar su importante antigüedad.

## 2.6. Geografía mexicana del maíz Palomero Toluqueño.

En 1943 la Fundación Rockefeller organizó el Programa Agrícola, representando por la Oficina de Estudios Especiales de la Secretaría de Agricultura y Ganadería, la cual realizó una recolección sistemática de maíces criollos para toda la República. De tal proyecto resultó la primera clasificación y ubicación moderna del maíz palomero toluqueño como variedad indígena y como estrictamente de las altitudes elevadas, sin embargo, a pesar de su antigüedad se decía que:

“Casi ha desaparecido de su forma pura, pero aún se le encuentra en algunos lugares de la Mesa Central, a altitudes que varían de los 2200 a los 2800 msnm. Es mucho más común en el valle de Toluca (2600 msnm), pero aun aquí ha sido casi totalmente reemplazado por el maíz cónico (mestiza prehistórica) más productivo que se derivó de él (Wellhausen *et al.*, 1987).

Dichas muestras se recolectaron principalmente cerca de Toluca en la región otomí (Santiago, Temoaya, San Cristóbal Huichochitlán, San Andrés Cuexcontitlán, San Lorenzo Tepaltitlan) y en el Estado de México. De igual forma se recolectó en un lugar cercano a “Tres Cumbres” (perteneciente al actual estado de Morelos, junto a las lagunas de Zempoala) (Wellhausen *et al.*, 1987).

La existencia de maíz palomero toluqueño se reporta más recientemente en el municipio de San Felipe del Progreso, en los pueblos de El Carmen Ocoatepec, Pate Mulá de los Cedros y en la

ranchería de Sabaneta para el uso y consumo en forma de “palomitas” (SEP, 1982). Existe un dato más tardío que hay que tomar con cautela. Yoko Sugiera (1996), con base en los reportes de la Facultad de Antropología de la Universidad Autónoma del Estado de México, indica la existencia de maíz palomero negro (sic) en la cuenca alta del río Lerma.

La mayoría de los campesinos en la Cuenca Alta del río Lerma, conocían el maíz palomero toluqueño, pero habían dejado de sembrarlo por lo menos desde hace 25 años. Los lugares donde se recolectaron mazorcas con características más puras de palomero toluqueño, fueron en Tenango del Valle, San Pedro Tlanixco, Almoloya de Juárez y Ocuilan de Arteaga (Romero *et al.*, 2003).

Sin embargo, es seguro que en tiempos primitivos esta variedad de maíz se difundió y prosperó en las altitudes elevadas de gran parte de la Mesa Central, Sierra Madre Occidental y Oriental. En algunas de estas regiones llegaron a desarrollar subvariedades del palomero toluqueño, como posible producto del aislamiento geográfico y de la especialización local ambiental.

#### 2.7. Subraza palomera Chihuahua.

La subraza más alejada dentro de México, se encuentra en Chihuahua, la cual ha sido estudiada principalmente por los norteamericanos en relación con su composición genética y cladística. Mares (1999) reporta los usos culturales del maíz palomero cultivado entre los indígenas tarahumaras de la Sierra de Chihuahua, resaltando su casi extinción, así como las formas culturales culinarias en voz de sus mismos productores.

#### 2.8. Subraza palomera de Jalisco.

En la Sierra Madre Occidental, al sur de Jalisco, se tiene reportado una subraza del maíz palomero toluqueño, llamada por otro nombre “reventador de maíz”. Se encuentra y se cultiva en las estribaciones del volcán de Colima, a altitudes que oscilan entre los 2500 y 2700 msnm. Se describe como una planta alta con borlas largas y resistente a varias plagas, principalmente al picudo (*Nicentrites testaceipes* Champ.) y al gorgojo (*Sitophilus zeamais* Mopt.).

Es un poco más vigoroso que el toluqueño, pues tiene un sistema radicular más fuerte (resiste mejor el acame), pero en contraste es de mayor periodo vegetativo (ocho meses) que el

palomero toluqueño (seis y siete meses). Las mazorcas son menos cónicas que las del palomero toluqueño. En abril de 2004 al sur de Jalisco, se encontró que dicho maíz ya era historia, sólo acaso en algunas rancherías muy alejadas de los caminos principales y secundarios puede seguir subsistiendo, según comentaron los campesinos del lugar. Se sabe que todavía hace cincuenta años se recolectaron maíces palomeros cerca de Juanacatlán, Jalisco. Otra característica de dicha subraza era su resistencia a las heladas, según los campesinos de la región (Romero *et al.*, 2004; Wellhausen *et al.*, 1987).

## 2.9. Subraza palomera poblana.

Este maíz se localiza dentro de la región conocida como Nudo Central Transvolcánico, territorio compartido en la intersección de Puebla, Veracruz y Oaxaca. En Puebla cerca de Xalacapa, se encontró a altitudes de 2200 a 2400 *msnm*, un poco más abajo que las altitudes en las que se encuentra comúnmente el palomero toluqueño. Tiene granos más suaves y punteados.

En 1975, Manuel Fernández, reportó la existencia de palomero toluqueño, el cual se registró como una variedad poco frecuente, pero de uso constante (Wellhausen *et al.*, 1987).

Según Molina Galán (2004), la subraza de palomero poblano se siembra por los campesinos nahuas en la región de Zacapoaxtla, Puebla. Sin embargo, no utilizan semillas de su misma cosecha, ya que al estar a niveles de altitud bajos para esta subvariedad, la semilla tiende a degenerar si se reutiliza, por lo que la compran en los pueblos de las partes más altas, proporcionando una interesante dinámica de difusión y contracción de dicho germoplasma.

Según Maximino Martínez (1979), indica la existencia de un maíz que revienta llamado “muchito” (corrupción de mamochito), cuya descripción es de granos pequeños y duros que al tostarse se revientan (*Zea mays everta*).

## 2. 10. Usos culturales del maíz palomero toluqueño y sus subrazas.

### 2.10.1. Época prehispánica.

Los *matlazincas*, *quaquatias* o *tolucas*, que es un grupo otamiano cuya “tierra... es un valle que llaman Matlazincó” o Toluca; valle donde hace grandísimo frío. De ellos se dice que suelen ser

recios y para mucho trabajo, grandes trabajadores en labrar sus sementeras y recios y para mucho, y cargábase grandes cargas. Bernardino de Sahagún, citado por Rojas (1988).

En la tierra de los matlazincas, “solamente se da maíz y frijoles, y unas semillas que son mantenimiento que se llama *uauhtli*. Carecen de sal y de *ajj*; su comida es tamales y frijoles, y su bebida la mazamorra que llaman *xocoatolli*. También en su tierra se hace el maíz tostado que se llama *momochtli*, que es como una flor muy blanca cada grano. Esto refiriéndose a las palomitas de maíz. Rojas (1988).

Gracias a los testimonios tempranos del siglo XVI, se pudo identificar que el maíz palomero toluqueño y sus subrazas fueron utilizados como base para preparar varios alimentos por los grupos de la antigua Mesoamerica: mexicas, matlatzincas, otomíes, tlahuicas, mazahuas y otros establecidos en los valles altos más alejados, como en Jalisco y chihuahua.

El arqueólogo Manuel Gamio excavó las pirámides de Teotihuacan (1917-1922), al norte de la Ciudad de México, descubrió mazorcas cuyos granos estaban estallados, pero todavía unidos al “olote”. Este hallazgo se ha preservado cuidadosamente y llama la atención que dichos “olotes” son idénticos de tamaño y forma, al igual que los núcleos en el número de filas, al maíz productor de palomitas que todavía crece en las montañas alrededor de Toluca (Gamio, 1922).

El franciscano fray Bernardino de Sahagún (1946) describió algunos detalles de los usos alimenticios que se hacían de este maíz en la época inmediata a la conquista.

La forma preferida de su consumo por parte de los matlatzincas toluqueños era como “maíz tostado que se llama *momochtli*” que es como una flor muy blanca cada grano (Sahagún, 1946. Tomo II: 297).

Fue precisamente por la característica de reventar y hacerse “Flores blancas” o “palomitas”, que este maíz adquirió características culturales adicionales, no sólo de consumo, sino que le confirió un papel importante en el culto de distintas deidades prehispánicas, como a Opochtli, Tlaloc y sus ayudantes tlaloques.

En este sentido, Sahagún (1946. tomo I: 49) al hablar del Dios menciona:

*Llamado Opochtli, el cual era temido y adorado en esta Nueva España... le contaban con los dioses que se llamaban Tlaloques (ayudantes de Tlaloc)... Atribúyanle la invención de las redes para pescar, y también un instrumento para matar peces... También éste inventó los lazos para matar las aves y los remos para remar... Cuando hacían fiesta a este Dios los pescadores y gente del agua que tenían sus granjerías en las aguas (al cual tenían como Dios) ofrecían cosas de comer y... sembraban también delante de él un maíz tostado que llamaban momochitl, que es una manera de maíz que cuando se tuesta revienta y descubre el meollo, y se hace como una flor muy blanca: decían que estos eran granizos, los cuales son atribuidos a los Dioses del agua.*

El pasaje anterior trata del cultivo del maíz palomero en las antiguas culturas lacustres, las cuales estaban muy relacionadas con el culto al agua y a los montes, sierras y volcanes, moradas de los tlaloques. De igual forma se resalta la siembra ritual del maíz palomero frente a la imagen de la deidad Opochtli, en una parcela sagrada como símbolo de petición de lluvias y fertilidad agrícola. Hay que resaltar actualmente en varias comunidades del valle de Toluca se conserva aculturizada esta petición con la siembra de la parcela sagrada en el atrio, frente a la iglesia, como es el caso de San Mateo Tlalchichilpan, en el municipio de Almoloya de Juárez (Romero et al., 2003).

Sahagún (1946. tomo I: 136) cuando trata sobre los ritos, señala:

*Las ceremonias y sacrificios que hacían en el segundo mes que se llamaba Tlacaxipehualiztli (...) (Las mujeres se adornaban) con todos los aderezos, divisas, o plumajes ricos que había en ellas, y llevaban en las manos un lugar de flores, todo género de tamales y tortillas, iban aderezados con maíz tostado que llamaban momochitli en lugar de sartales y guirnaldas. Llevaban también bledos colorados, hechos de pluma colorada y caña de maíz con sus mazorcas.*

Sahagún (1946. tomo I: 148) describe la participación del maíz "mamochitli":

*La fiesta que se hacía en las calendas del quinto mes que se llamaba Toxcatl (...) (en el cual) danzaban las mujeres doncellas, afeitadas y emplumadas de pluma colorada todos los brazos y todas las piernas y llevaban en las cabezas puestos unos capillejos, compuestos en lugar de flores, con maíz tostado que ellos llamaban momochitli, que*

*cada grano es como una flor blanquísima. Estas capillejos eran a la manera que los capillejos de flores usan las musas en campos de Castilla por Mayo.*

## 2. 10. 2. Época novohispana.

Según Rosado Espinoza (1954), en la Mesa Central del país, el maíz palomero ya se cultivaba en pequeña escala y probablemente era usado en su mayor parte para alimentación de aves y del ganado, no para el consumo humano.

Se ha recorrido a un documento que por su similitud en la descripción de los usos del palomero toluqueño, consideramos importante mencionar.

En esta relación se describe a un maíz reventador llamándolo por ese nombre (seguramente Chapalote por su ubicación geográfica) y se menciona que se utiliza fundamentalmente para hacer el pinole “hecho tostado y molido el maíz antes dicho y era el alimento común de la tierra” (ABPG, 1776). El pinole era una comida preparada secando las semillas del maíz, moliéndolos y convirtiéndolos en un polvo fino, después esta harina era mezclada con azúcar sin refinar, y finalmente condimentada con anís y cinamomo, nombre antiguo de la canela.

También el documento informa que se consumía como “palomitas” al hacer estallar los núcleos al exponerlos al calor. En Sonora llegó a ser tan importante esta forma de alimentarse con maíz reventador, que llegó casi a igualar a la forma de la tortilla.

Si bien los datos anteriores tratan de la variedad de maíz Chapalote, resultan interesantes mientras puedan indicarnos ciertos paralelismos de uso probable con las otras variedades antiguas de maíz reventador (nal-tel, arrocillo amarillo y palomero toluqueño).

## 2. 10. 3. Siglo XIX.

En el *Atlas Industrial para la cuenca del Lerma*, Romero cita la existencia de varios “molinos de aceite”, hacia el final del siglo XIX en la Cuenca Alta del río Lerma. Dichos molinos eran fábricas de aceite a base de maíz, sobre todo de la variedad palomero toluqueño. En este sentido es interesante hacer notar que uno de los actuales productores de maíz palomero de la Cuenca Alta del Lerma, ha seleccionado durante décadas esta característica aceitosa y de peso para su

venta comercial. Sin embargo, esta preferencia se vuelve defecto para el molendero (dueño del molino de maíz), ya que “engrasa mucho la máquina de hacer harina, además de ser muy duro y gastar más las aspas que cualquier otro maíz” (Romero *et al.*, 2003).

Al parecer otra de los principales usos de este aceite de maíz palomero en el siglo XIX y principios del XX, era para la saponificación, es decir, en la fabricación de jabones firmes y de jabones grasos. Al respecto Toluca tiene una añeja tradición en la manufactura de jabones que se remonta 200 años atrás.

Finalmente, en el año de 1897, el agrónomo José García Muñoz realiza el primer estudio sobre dicha variedad, dándole el nombre vulgar de “maíz copos blancos (como de nieve)”. Su estudio publicado en la *Revista de Estudios Agrícolas* de la antigua Secretaría de Fomento, se basó en la característica de precocidad que presentaba dicho maíz, acentuando esa ventaja que sirve para evitar los peligros de las heladas en las zonas altas.

#### 2. 10. 4. Siglo XX.

Eduardo Chávez (1913) y posteriormente Ernesto Ruiz (1914) elaboraron las primeras colectas más o menos sistemáticas de maíz en México. Sin embargo, debido a que en esa época no se había hecho la clasificación botánica del maíz palomero, se le identifica con los nombres vulgares y comunes, los cuales varían (por “maíz copos blancos”), ya que su taxonomía como *Zea mays everta*, quedó tipificada en los años cuarenta del siglo XX. Por esta razón, en dichos trabajos pioneros se señalaba al palomero toluqueño con otro nombre, pero identificada por sus características fenotípicas peculiares (precocidad, color, tamaño, explosor, ubicación). Podemos considerar a García Muñoz, Chávez y finalmente Ruíz, como los primeros agrónomos “modernos” en describir el maíz palomero; este último se refiere a él con el nombre de:

*Maíz de gallinas, nombre que dice se da vulgarmente a una variedad precoz que sirve maravillosamente para criar a aquellas aves, su grano es muy pequeño y muy duro, el color es blanco o amarillo (Ruíz, 1914).*

En esta misma obra reporta otro par de variedades de maíz, que también probablemente se refieran a subvariedades del palomero toluqueño, las cuales son descritas como:

*Dos variedades de maíz primitivo. El grueso y el pequeño. El primero es muy común en los Departamentos del Mediodía (centro del país), comúnmente produce una sola mazorca, algunas veces dos, y rara vez tres; cada mazorca contiene de 500 a 600 granos. El segundo, de tallo menos alto y grueso, su grano es pequeño, exige tierra fértil y pesa de 10 a 15% más que el grueso (Ruiz, 1914).*

La antigua descripción se refiere sin duda al maíz palomero toluqueño, ya que las características fenotípicas del gran número de grano por mazorca, así como la adaptabilidad a las tierras altas del medio día, parecen así señalarlo, sin embargo no queda muy clara su división en las dos variedades que hace el agrónomo, sobre todo sus razones para incluir la segunda.

Sánchez Colín (1951) vuelve a dar noticia del palomero toluqueño usado para la industria y la alimentación de las aves. La distribución de este maíz se daba principalmente en las regiones agrícolas de los estados de Puebla, México y Tlaxcala. Se usaba preferentemente como alimento para aves y la industria para la obtención de aceite y jabón.

Por otra parte, con granos ya estallados, la subraza de Jalisco se utilizaba para hacer las “bolas acarameladas de palomitas”, las cuales se aglutinan con azúcar o piloncillo derretido; de igual forma se utiliza para preparar el dulce conocido como “ponte duro”, hecho a base de harina de maíz molido y seco, revuelta con azúcar o piloncillo. Además se usa mezclado en otras golosinas, como con los cacahuates, con que se hace un alimento filtrado llamado “burritos”. Igual procedimiento se utiliza con las semillas de calabaza (Romero, 2004); y con la subraza de Chihuahua se hacen también palomitas, pinole, esquiate (que son los granos tiernos de maíz hervidos). Además tortillas y los tamales de “maíz duro” (Mares, 1999).

Para el 2700 a. c., se tiene la primera evidencia de cierto maíz palomero primitivo, el cual que había estado presente en el Valle de Tehuacan, en Puebla, donde los residentes de las cuevas de Coxcatlán en las estribaciones del sur del valle estaban utilizando un maíz reventador de pequeñas mazorcas (con 6 o 9 frutos por olote), y habían innovado un proceso para la molienda de los frutos de este maíz utilizando morteros de piedra para elaborar una especie de tortilla de poco grosor.

A pesar de tener los primeros indicios en Tehuacan, el maíz palomero en épocas prehispánicas tenía una difusión más grande dentro del ámbito mexicano y mesoamericano. Según referencias

arqueológicas, etnohistóricas y ambientales, estaría presente en regiones elevadas en ambas sierras madres y en el “nudo del sistema volcánico transversal”, ocupando altitudes desde los 2000 hasta los 2900 msnm. Por lo tanto, estaría presente en las siguientes regiones: Jalisco (al sur); Colima (zona del Volcán); Altos de Morelos (zona de influencia del las lagunas de Zempoala); eje Neovolcánico Transversal (estados de Oaxaca, Veracruz, Puebla-Tlaxcala); la Cuenca de México y Cuenca Alta del Lerma. Pero el relativo aislamiento geográfico y la continua manipulación campesina lo conformaron tres subvariedades definidas (Jalisco, Chihuahua y Poblano). Puede sugerirse también que los especímenes de maíz palomero encontrados en Tlanixco se encuentran en proceso avanzado de diferenciación del maíz toluqueño (*Zea mays everta*), aunque no se han podido identificar las principales causas y caminos de dicha diferenciación. En la región de Toluca, aunque en tiempos pasados era la zona de mayor presencia de esta raza, hoy se encuentra en estado crítico, a punto de desaparecer.

En términos culturales, los escritos de Sahún del siglo XVI descubren el nombre común prehispánico que se le daba a la variedad de maíz palomero toluqueño: “mamochite”. Sin lugar a duda es de origen nahua. Sin embargo, es probable que sea una corrupción de otra palabra que no se ha podido identificar, pero al parecer sirvió para su denominación en casi todos los lugares donde se encontraba debido a la expansión de la cultura mexicana. Con este nombre también era y es conocido en Oaxaca, Cuenca de México y el alto Lerma, lo que sugiere que fue impuesto por los mexicas después de sus conquistas. Cabe recalcar que los campesinos toluqueños actuales todavía identifican el maíz palomero con este nombre mamochite y desconocen su denominación en otomí, mazahua o matlatzinca. El nombre actual de maíz palomero le fue dado por Wellhausen y popularmente por su gran utilización en la alimentación de las palomas y aves domésticas, el cual prevaleció sobre las otras asignaciones comunes, como “copos blancos”.

Desde la antigüedad, las tortillas producidas con la masa de esta variedad resultaban ser quebradizas y no muy aptas para hacer tacos. Además, eran muy tiesas y perdían rápidamente su elasticidad, por lo que ha sido una de las formas menos utilizadas. Aunque sabemos, por la etnografía actual, que se trata de resolver este inconveniente al mezclarlo con otras variedades para aminorar esa característica de dureza y poder transformarla en una tortilla más dúctil. Por ello, la preferencia de consumo ha sido de las diferentes formas de molerlo, o transformarlo en rosetas o “palomitas”.

El maíz palomero en términos agrícolas es utilizado principalmente en la resiembra, cuando se ha perdido la semilla plantada por causas ambientales o plagas, lo mismo que para cubrir los huecos donde por alguna razón las plantas de la siembra original no nacieron. En este sentido por ser una raíz muy antigua, el palomero es reconocido por sus características de resistencia a los rigurosos fríos, sequías y plagas, además de ser precoz en su maduración, todo lo cual hace un candidato natural para la resiembra.

## 2. 11. Tipos de maíz palomero.

El maíz Palomero Toluqueño no es utilizado comercialmente para elaborar palomitas. Los diferentes tipos de maíz Palomero que se encuentran en los canales de comercialización, obedecen a cada tipo de necesidad para el uso final que se le da. Los dos principales tipos de grano en cuanto a su color, utilizados para hacer palomitas son: el amarillo y el blanco, en donde el amarillo es el más comercial. Dentro de los granos amarillos para palomitas, el producto se comercializa en tres tamaños: pequeño, mediano y grande, de esto la industria no usa Standard para las determinaciones del tamaño, pero comúnmente la medida que se usa está basada en el número de granos en 10 gramos; de 52 a 67 granos es grande, 68 a 75 es mediano y 76 a 105 es pequeño. A nivel doméstico los consumidores generalmente prefieren los tipos amarillo y pequeño por que los granos pequeños usualmente tienden a producir más palomitas. Los vendedores prefieren los grandes por que estos granos producen palomitas de mayor tamaño con buena aceptación por su aspecto. El tamaño mediano puede ser utilizado por ambos consumidores. Zeigler *et al.* (1984).

## 2.12. Genes que afectan la coloración del grano del maíz.

Desde el punto de vista biológico y genético, el maíz amarillo es muy similar al blanco, los mismos sólo difieren en el gen "Y" que determina la coloración del endospermo y afecta los contenidos de vitamina A, xantofilas y carotenos, como se especifica en el cuadro. La acción de este gen, y de los demás genes que controlan la coloración de los granos del maíz, puede ser alterada por genes modificadores, afectando la formación de pigmentos del mismo y el contenido de otras sustancias por ellos condicionadas (Alfaro *et al*; 2004).

Cuadro 1. Características diferenciales del grano del maíz.

<b>GENOTIPO DEL ENDOSPERMO</b>	<b>COLORACIÓN DEL GRANO</b>	<b>VITAMINA A (gr)</b>	<b>XANTOFILAS (ppm)</b>	<b>CAROTÉNO (ppm)</b>
Yyy	Blanco	0.05	0.4	0.2
Yyy	Amarillo	2.25	6.5	2.5
YYy	Amarillo- anaranjado	5.00	18.2	4.0
YYY	Anaranjado	7.50	45.7	4.7

Fuente: Paterniani, 1978 citado por Alfaro *et al*; 2004.

Por lo tanto, de acuerdo con Alfaro *et al* (2004) y Oropeza y Ortiz (1989) el maíz amarillo tiene un valor nutritivo superior al blanco, por mostrar contenidos elevados de vitamina A, pues en ensayos con cerdos en Venezuela, se encontró, que los animales alimentados de maíz amarillo ganaron más peso rápidamente que con el blanco. Además dicho maíz al poseer un endospermo que representa mayor número de genes “Y” logra desarrollar un pigmento que es una mezcla de seis a ocho compuestos químicos distintos y estrechamente relacionados, conocidos como carotenoides. La concentración de estos pigmentos en el grano de maíz es mayor en la región córnea del endospermo, existiendo una relación directa entre el endospermo amarillo y la provitamina; además de que el maíz con altos niveles de xantofilas da una pigmentación de color amarillo deseable a la carne de las aves, la grasa animal y la yema de huevos, el cual es un carácter de valor económico muy apreciado en el mercado consumidor, siendo ventajoso su uso en la agroindustria para los alimentos de los animales.

## 2.13. El almidón en el maíz.

### 2.13.1. Clases de almidón.

Hegenbart, 1996, citado por Alfaro *et al* (2004), define cuatro clases de almidón de maíz; el almidón del maíz normal que contiene 25% de amilasa; el maíz ceroso que contiene casi 100% de amilopectina y dos clases correspondientes a maíces amiláceos, de alto contenido de amilosa, donde tiene 55% y el otro entre 70 y 75% de almidón. El almidón de los maíces cerosos tiene gránulos de forma irregular similar en la distribución del tamaño a aquellos de los maíces normales. Los almidones de alto contenido de amilasa también tienen forma irregular, pero

tienden a ser más suaves y de menor tamaño (entre 5 y 15 micrómetros o entre 10 o 15 micrómetros), dependiendo de la variedad.

#### 2.13.2. Composición química del almidón.

El almidón del maíz se presenta naturalmente como gránulos casi esféricos de 5 a 30 micrómetros de diámetro (14 micrómetros en promedio). Estos gránulos están compuestos de agregados cristalinos amorfos formados por dos tipos de moléculas, amilasa y amilopectina. Un grano de almidón de maíz amarillo contiene 27% de amilasa y 73% de amilopectina. Estas dos moléculas son polímeros de glucosa que poseen alto peso molecular. La molécula de amilasa es rectilínea y contiene en promedio 1.000 unidades de glucosa, la amilopectina es ramificada y puede contener aproximadamente 40.000 unidades de glucosa. Los gránulos de almidón no procesados que consisten principalmente de amilopectina, con cadenas de ramificaciones cortas, son digeridos más rápidamente que aquellos de cadenas de ramificaciones largas o mayor contenido de amilos, ya que esta última es más resistente a las enzimas hidrolíticas; esto hace al almidón de maíz normal una fuente de energía fácilmente digerible y de bajo costo (Alfaro *et al*, 2004)

#### 2. 14. Características de calidad.

Es difícil precisar lo que debe considerarse como excelente calidad de las palomitas, por que cada uno de los diferentes grupos involucrados en la industria de las palomitas define la calidad con base en sus propias necesidades. Para algunos consumidores, una excelente calidad de palomitas está dada por su buena apariencia, sabor y textura, libre de pericarpio y sin granos no reventados. Sin embargo, para los vendedores la definición de buena calidad de las palomitas incluye algunas de esas características y además la expansión en el reventado. Esta última característica es la mejor de las características que separa al maíz Palomero de otros tipos de maíz. Zeigler *et al*. (1984).

#### 2. 15. Propiedades físicas.

De acuerdo con Watson (1987) y con fines industriales, el grano de maíz está compuesto de cuatro pares principales que pueden ser apreciadas a simple vista: pericarpio, endospermo, germen y pedicelo o pico (Cuadro 2).

Cuadro 2. Componentes del grano de maíz.

Parámetro	Porcentaje en peso seco	
	Rango	Promedio
Endospermo	80.3 – 83.5	82.3
Germen	10.5 – 13.1	11.5
Pericarpio	4.4 – 6.2	5.3
Pedicelo	0.8 – 1.1	0.8

Fuente: Watson, 1987.

El pericarpio es la estructura más externa del fruto; es una membrana delgada y casi invisible que está adherida a la capa de aleurona y se piensa que, juntamente con ésta, le imparte propiedades semipermeables al grano de maíz. El pericarpio está compuesto de un conjunto de capas externas que rodean el grano y representan del 5 al 6% del peso seco del grano y su espesor es variable (Wolf *et al.* 1952).

El endospermo es la estructura anatómica de mayor volumen en el grano de maíz, constituye del 82 al 84% del peso seco del grano, está formada principalmente por almidón (86 – 89%); constituida por una capa celular llamada aleurona, aquí residen las enzimas hidrolíticas. Después de la aleurona se encuentra el endospermo propiamente dicho, formando por dos regiones típicas, que son el endospermo duro o córneo y el endospermo suave o harinoso (Inglet, 1970; Robles, 1986).

El endospermo harinoso presenta una apariencia opaca y quebradiza, los gránulos de almidón son de forma esférica, presentan un aspecto poroso, con un reducido porcentaje de glutemina y la matriz proteica es delgada e incompleta en algunos lugares de la periferia de los gránulos de almidón. En el endospermo córneo las células cercanas a la capa de aleurona son muy pequeñas, empaquetadas en una pared celular densa, con alto porcentaje de glutenina y matrices proteicas densas que envuelven a los gránulos de almidón, los cuales son pequeños y más internamente son de mayor tamaño; su apariencia traslúcida se debe a que los espacios intergranulares están cubiertos por cuerpos de zeína (Wolf *et al.*, 1969).

El germen representa del 10 – 12% del peso seco del grano y está formado por el escutelo (cotiledón), que ocupa aproximadamente el 90% de esta estructura y un embrión. En el escutelo se almacenan los nutrientes que son utilizados durante la germinación. El embrión está formado por la plúmula o vástago y la raíz primaria (Watson y Ramstad, 1987) citado por López (1999).

El pedicelo o pico constituyente aproximadamente el 1% del peso seco del grano. El pericarpio se extiende hasta la base del grano donde se une al pedicelo. La mayor parte de sus células son de paredes delgadas, presentando grandes espacios intercelulares que están conectados con la parte interna del pericarpio (Wolf *et al.*, 1952).

Una de las características físicas de los granos de maíz Palomero es el tamaño, que influye en el volumen de expansión. Willier y Brunson (1987) citado por Haugh *et al.* (1976) encontraron que la expansión en volumen incrementaba cuando el tamaño del grano decrecía. Ellos atribuyeron esto a la larga proporción de almidón córneo en los granos.

Lyerly (1942) citado por el mismo autor reportó que el volumen de expansión en el maíz Palomero estuvo correlacionado con el tamaño y forma del grano. Los granos pequeños fueron los que dieron mayor volumen de expansión.

## 2. 16. Composición química.

De acuerdo con Watson y Ramstad (1987) citado por López (1999) los principales componentes químicos del maíz son: almidón, proteínas y lípidos, conteniendo también cantidades menores de fibra cruda, azúcares, minerales y otras sustancias orgánicas como son las vitaminas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Componentes químicos de maíz.

Características	Rango	Promedio
Humedad (% en base húmeda)	7 – 23	16.0
Almidón (% en base seca)	61 – 68	71.0
Proteína (% en base seca)	6 – 12	9.5
Grasa (% en base seca)	3.1 – 5.7	4.3
Cenizas (% en base seca)	1.1 – 3.9	1.4

Pentosanas (como xilosa, % B. S.)	5.8 – 6.6	6.2
Fibra (residuo en detergente neutro, % en base seca)	8.3 – 11.9	9.5
Celulosa+lignina (residuo en detergente ácido, % en base seca)	3.3 – 4.3	3.8
Azúcares totales (como glucosa, % en base seca)	1.0 – 3.0	2.6
Carotenoides totales (mg/kg)	5 – 40	3.0

Fuente: Watson (1987).

El almidón es un polímero biológico de alto peso molecular, sintetizado en las plantas a partir de la condensación progresiva de unidades de glucosa. Está constituido por dos grupos de moléculas, un polímero lineal que es la amilasa y un polímero ramificado que es la amilopectina, las que se diferencian en peso molecular y estructura química.

La amilasa es una molécula lineal que consta de cadenas de glucosa unidas por enlaces alfa (1-4), con un grado de polimerización de 100 a 1000 unidades de glucosa.

Este polímero es insoluble, porque existe en forma de doble hélice (Kodama *et al.*, 1978 citado por Moran, (1982). La resistencia a la disolución puede ser atribuída a una gran red de puentes de hidrógeno que estabilizan la estructura.

La amilopectina es una molécula ramificada muy larga, por el hecho de que comprende moléculas de amilasa conectadas por enlaces alfa (1-6) a un tronco central de glucosas unidas por enlaces alfa (1-4); generalmente cada ramificación ocurre cada 20 a 25 unidades de glucosa (Moran, 1982).

La proporción de amilasa-amilopectina en el gránulo no es fija pero en la mayor parte de los granos normales es aproximadamente 25-75 (Moran, 1982).

Como resultado de la estructura tridimensional del almidón, éste es insoluble en agua fría.

Las proteínas constituyen aproximadamente el 6-12% del grano y se localizan principalmente en el endospermo y el germen (Watson y Ramsted, 1987) citado por López (1999)

Cuantitativamente las proteínas que predominan en el maíz son las prolaminas; y en este grupo, la principal es la zeína, constituyendo el 50% de las proteínas; la segunda fracción de importancia son las globulinas. Las prolaminas están concentradas en el endospermo y las globulinas y albúminas en el germen, lo cual explica las diferencias en la composición de aminoácidos entre las proteínas del endospermo y germen (Brezan y Scrimshaw, 1958) citado por López (1999).

El contenido de lípidos varía de acuerdo a la proporción de germen presente en el grano y su contenido de aceite. En general, el grano contiene 4.5% de lípidos y de este total el 85% están presentes en el germen, el cual es la fuente comercial del aceite de maíz (Watson y Ramstad, 1987) citado por López (1999).

Los lípidos se encuentran principalmente como triglicéridos, fosfolípidos, esteroides, tocoferoles y carotenoides. El principal ácido graso presente en el maíz es el ácido linoleico (50%), le siguen al ácido oleico (35%), al ácido palmítico (13%), el ácido esteárico (<4%) y el ácido linoleico (<3%). El contenido de fosfolípidos es de 1.5% de los cuales el 60% es lecitina y el resto es cefalina, principalmente. Los esteroides se encuentran en una concentración baja y los más importantes son el ergosterol, estigmasterol y B-sitosterol. Los tocoferoles se encuentran en una proporción de 0.16 a 0.42 mg/g. El contenido de carotenoides es aproximadamente 74 ppm de xantofilas y 1.6 ppm de carotenoides; siendo los carotenoides el principal pigmento del aceite de maíz (Watson y Ramstad, 1987) citado por López (1999).

Cuadro 4. Valor nutritivo del maíz palomero en 100 gramos de peso neto.

Proporción	Energía (Kcal)	Proteínas (g)	Grasas (g)	Carbohidratos (g)	Calcio (mg)
1.0	365	12.2	4.6	71.1	17
Hierro (mg)	Tiamina (mg)	Riboflavina (mg)	Niacina (mg)	Ac. Ascórbico (mg)	Retinol (mcg Eq)
1.8	0.60	0.14	2.6	0	9

Fuente: Hernández *et al.*, 1983.

#### 2.16.1. Composición e importancia del pericarpio.

El pericarpio, por su posición en la estructura del grano, representa una barrera física de protección contra daños mecánicos, en conjunto con la capa de aleurona, a la cual se halla

fuertemente adherido. Además, el pericarpio representa la primera barrera mecánica a la entrada de agua (Watson y Ramstad, 1987) citado por López (1999).

El pericarpio se divide en cuatro capas: epidermis, mesocarpio, células cruzadas y células tubulares. Las células de la epidermis y del mesocarpio en su parte exterior son largas, con paredes gruesas, filamentosas y unidas a otras a través de la superficie externa. Hay una transición gradual en el tipo de células de afuera hacia adentro del mesocarpio. Las células internas del estrato son cortas, aplanadas y de paredes delgadas y unidas unas a otras sólo en los extremos; en contraste, las células tubulares son largas, no ramificadas y filamentosas; existe otra estructura que se denomina tegumento, la cual es una membrana no celular, tenue y suberizada, localizada entre las células tubulares y la capa de aleurona (Wolf *et al.*, 1952). Esta estructura es compuesta principalmente por celulosa (21.1%), hemicelulosa (75.1%) y lignina (3.75%) (Buendía, 1981) citado por López (1999).

#### 2.16.2. Relación pericarpio dureza.

Si bien el pericarpio se encuentra rodeando completamente el grano, su espesor varía en las diferentes regiones. Wolf *et al.* (1952) señalan que el espesor máximo se localiza en la región basal y decrece hacia las partes central y superior, hallándose en la concavidad distal el valor más bajo. La relación que guarda el espesor de pericarpio con la dureza del endospermo no es totalmente clara. Cano y Cano (1973) mencionan que en 8 razas de maíz evaluadas, el máximo espesor del pericarpio (123 micras), medido en la región central del grano, fue para el maíz Palomero Toluqueño y el mínimo (23 micras) correspondió a blandito de Sonora; sin embargo, maíces como cristalino de Chihuahua y el reventador, que se clasificaron como maíces duros, presentaron valores de 45 y 39 micras, respectivamente Mohamed *et al.* (1993) en un estudio realizado con 18 híbridos de maíz reventador, encontró espesores de pericarpio de 111 a 152 micras; además se mencionan que el espesor del pericarpio se encuentra altamente correlacionado con el volumen de expansión del maíz al reventar, pero a su vez el espesor del pericarpio mostró una asociación con la dureza del endospermo.

Tanto la dureza del endospermo como las características del pericarpio se conjugan y determinan la tolerancia del grano hacia plagas de almacén. En general los maíces suaves con pericarpio delgado son los menos tolerantes.

#### 2.17. Mecanismos de reventado del maíz Palomero.

De entre los granos de cereal solamente el maíz reventón y algunas variedades de sorgo y mijo perlado, pueden reventar; durante la explosión el volumen del maíz aumenta hasta 30 veces (Hoseney, 1991).

El pericarpio del maíz Palomero actúa como un recipiente de presión que permite que el agua se supercalienta. A una temperatura determinada, la presión se eleva tanto que el pericarpio se rompe dejando libre al endospermo para expandirse. Su ruptura se produce a unos 177° C Hoseney (1991).

Charles (1998) citado por López (1999) coincide con Hoseney y menciona que el pericarpio funciona como una fuente de presión, dicha presión equivale a 135 lb/pul al cuadrado dentro del grano.

El microscopio electrónico ha sido usado para aumentar los cambios ocurridos en el grano como resultado del reventado. En el endospermo traslúcido, el agua calentada se vaporiza en el hilio, expandiendo el almidón en una película delgada; en el endospermo opaco, grandes vacíos son producidos en los gránulos de almidón birrefringente. Los vacíos alrededor del almidón proveen una posición alternativa en la cual el agua calentada se vaporiza. De esta manera, los gránulos de almidón no son expandidos y retiene la birrefringencia (Charles, 1998) citado por López (1999).

#### 2.18. Factores que afectan el reventado.

Brunson citado por Saenz (1981) mencionan que la expansión es un carácter hereditario y es probable que represente uno de los casos más complejos de herencia cuantitativa influida por muchos pares de genes. Eldredge y Lyerly (citados por Saenz, 1981), mencionan que el porcentaje relativo de almidón duro y suave, así como la localización en el grano, influyen en la

capacidad de expansión. Los tipos de almidón suave permiten un escape gradual del agua que no facilita la expansión.

Charles (1998) citado por López (1999), menciona que la expansión en el reventado está afectada en mayor o menor medida por los siguientes factores: variedad o híbrido, tipo de roseta a obtener, madurez del grano, daños por frío, métodos de reventado y contenido de humedad.

El daño mecánico del grano, ocurre principalmente durante la cosecha y desgrane, y también puede estar provocado por enfermedades, roedores e insectos. El daño se presenta a nivel pericarpio o bien en varias estructuras del grano. Singht *et al.* (1997) encontró un menor volumen de expansión en los granos dañados, el cual fue desde 9.1% hasta 47.5% con respecto a los granos intactos. Además el volumen de expansión estuvo inversamente relacionado con el tamaño de grano.

En el cuadro 5 se observa el volumen expandido de palomitas de acuerdo al daño del pericarpio.

Cuadro 5. Efecto de tratamientos al pericarpio sobre el volumen expandido

Tratamiento	Volumen expandido (cm <sup>3</sup> /10 g de grano)
Control, granos intactos	270
Corte del pericarpio	120
Corte del pericarpio en dos lugares	90
Corte en el endospermo opaco	70
Grano cortado por la mitad	40
Pericarpio eliminado a mano	20
Maíz sin reventar	11

Fuente: Hosney *et al* (1983).

### 2. 18. 1. Temperatura de reventado.

Para obtener el máximo volumen de expansión de un maíz reventador la temperatura que se debe alcanzar en el interior del grano es del orden de los 170° C. Temperaturas menores

impedirán que el grano alcance su máximo volumen. Temperaturas mayores, propiciarán destrucción de los componentes y por tanto el producto final será indeseable.

#### 2. 18. 2. Edad.

Maíces de cosecha reciente y con un adecuado porcentaje de humedad (14%) proporcionarán mayores volúmenes de expansión, que maíces con mucho tiempo de almacenamiento o con porcentaje de agua no apropiados.

#### 2. 18. 3. Condiciones de almacenamiento.

Katta y Bullerman (1995) realizaron un trabajo para determinar los efectos de alta temperatura y humedad relativa durante el almacenamiento de maíz Palomero, utilizaron maíz Palomero y amarillo almacenándolos en diferentes contenedores con altas temperatura (35° C) y alta humedad relativa (85%) durante tres meses, encontrando un decremento gradual en los volúmenes de reventado con el alargamiento en el tiempo de almacenaje.

#### 2. 18. 4. Humedad del grano.

Diversos autores dentro de ellos Hallauer (1994), citan que el contenido de humedad óptimo para lograr la máxima capacidad de expansión es del 14%.

#### 2. 19. Bioquímica del reventado.

Walter *et al.* (1970); citado por Salazar y López (1989) señalan que la expansión con calor seco incrementa la digestibilidad del grano para la alimentación del hombre; la temperatura del reventado propicia un mayor aprovechamiento de los componentes de la semilla. La expansión al reventar depende de la gelatinización del almidón y presumiblemente, del endospermo córneo que permite que se eleve la presión de vapor. Con una humedad adecuada (14%) y al aplicar calor, ocurre una gelatinización y expansión de los almidones contenidos en las células; inicialmente sin romper la pared celular, más tarde se pudo precisar que la expansión por gelatinización puede ser particularmente regulado por el control de la humedad de la semilla.

Hoseney *et al.* (1983) observaron que durante el reventado del maíz Palomero el endospermo actúa como un vaso de presión. Esto demostró que el rompimiento inicial en el endospermo afecta el volumen de reventado más radicalmente que otros subsecuentes rompimientos. El reventado ocurre alrededor de los 177° C de temperatura lo cual equivale a una presión de 135 lb/pulg<sup>2</sup> dentro del grano. La mayoría del agua en la semilla sufre un sobrecalentamiento al momento de reventar por lo cual esto provee de la fuerza de empuje necesaria para la expansión de la semilla y por tanto la ruptura del endospermo. A temperaturas menores a los 177° C la proporción del grano reventado declina marcadamente. En el endospermo traslucido el agua sobrecalentada se vaporiza en el hilio, expandiendo los almidones en una película fina.

Eldredge y Thomas (1959), citado por Salazar y López (1989) explicando el fenómeno de reventado en palomitas de maíz, mencionaron que no sólo la cantidad de almidón del grano, sino también la estructura de la cubierta del grano son factores en la expansión del mismo. Se piensa que el espesor o la dureza de la matriz proteica circundante a los gránulos del almidón, retiene suficiente humedad hasta que la presión de vapor es tan alta que causa una explosión o reventado.

## 2. 20. Características morfológicas de maíz palomero

### a) Plantas.

Las plantas de maíz Palomero Toluqueño son muy cortas aproximadamente de 1.7 m de altura; son precoces, con poco desarrollo de hijos, pero éstos con casi la misma altura que el tallo principal; tienen poco desarrollo del sistema radicular por lo que son susceptibles al acame; tiene pocas hojas, en promedio 12.2 por planta (Wellhausen *et al.*, 1951). Este promedio difiere del encontrado por Seminario (1991) quien al realizar un estudio con esta misma raza encontró que el 75% de una muestra de 400 plantas tenían 16 hojas en promedio. Tallos pubescentes y con color "rojo sol" (Ramos, 1999) citado por López (1999).

Ziegler *et al.* (1984) describe al maíz Palomero haciendo una comparación con el maíz dentado y mencionan que en el maíz Palomero la colocación de la mazorca es más alta que en el maíz dentado, las mazorcas son más pequeñas en el maíz Palomero que en el maíz dentado, además

de que el maíz Palomero tiene el tallo más delgado, lo que los hace ser más propensos al acame.

#### b) Espigas.

De acuerdo con Wellhausen *et al.* (1951) las espigas son muy cortas; con grueso caquis central; con pocas ramificaciones y dispuestas dentro de un corto espacio del caquis central, ramificaciones secundarias desde muy pocas hasta ninguna, ramificaciones terciarias ausentes.

#### c) Mazorcas.

La longitud de la mazorca es corta a muy corta; de forma cónica, con un adelgazamiento agudo y uniforme de la base al ápice; con número de hileras elevado, de 20 o más; frecuentemente con las unidades del par de espiguillas separadas de tal forma que hay un espacio ancho entre los pares de hileras, diámetro pequeño del pedúnculo; diámetro de la mazorca 30 – 36 mm, con un diámetro del olote 17-22 mm Wellhausen *et al.* (1951). Esto coincide con los datos registrados por Seminario (1991), ya que la longitud de la mazorca es 11.3 cm, diámetro de la mazorca 3.2 cm, con un número de hileras por mazorca de 19. Benz (1986) describe a la mazorca de esta raza como de forma ovoide o cónica con hilera de alto número de granos, con una longitud de 13.7 cm y un diámetro de 3.3 cm.

#### d) Fruto.

Longitud del grano 10 – 13 mm, granos pequeños tanto angostos como delgados, pero relativamente largos con respecto a su espesor y anchura, endospermo muy córneo, de color blanco grisáceo, aleurona sin color Wellhausen *et al.* (1951), Seminario (1991), Benz (1986).

### 2. 21. Fenología.

Se puede definir la fenología como el estudio de los fenómenos como el estudio de los fenómenos o etapas diferenciadas que ocurren en la vida de la planta, que están relacionados con el ambiente en el cual se desarrollan (Azzi, 1971; Hinojosa Cuellar, 1984).

Los criterios para la división de las etapas o fases del periodo vegetativo de las plantas, varían de acuerdo a la especie, el investigador y los objetivos perseguidos; así, Aitken (1974) citado por Seminario (1991) reconoce tres etapas: a) Vegetativa, que comprende desde la siembra hasta iniciación floral; b) Reproductiva temprana, que comprende desde la iniciación floral hasta la antesis femenina e iniciación del cigote; y c) Reproductiva tardía, que comprende desde la antesis femenina hasta la madurez fisiológica. Tanaka y Yamaguchi (1972), refiriéndose al caso específico del maíz dividen al proceso de crecimiento de la planta en las siguientes fases:

a) Vegetativa inicial. En la cual brotan las hojas y posteriormente se desarrollan en sucesión acrópeta.

b) Vegetativa activa. Se desarrollan las hojas, el tallo y el primordio de los órganos reproductivos. Primeramente ocurre un incremento activo del peso de las hojas y posteriormente del tallo. Esta fase termina con la emisión de los estigmas.

c) Inicial del llenado del grano. El peso de las hojas y del tallo continúa incrementándose a una velocidad menor. Continúa el aumento en el peso de las espatas (brácteas) y del raquis, y el peso de los granos se incrementa lentamente.

d) De llenado activo del grano. Se presenta un rápido incremento en el peso de los granos, que va acompañado de un ligero abatimiento del peso en hojas, tallo, espatas y caquis.

## 2. 22. Análisis de crecimiento.

Según Janick *et al.* (1969) el crecimiento considerado en un sentido restringido es un aumento irreversible de tamaño, produciendo un incremento neto en el protoplasma. En cambio el desarrollo se refiere a un cambio en grado significativo que implica especialización y organización fisiológica y anatómica.

Blackman (1919) propuso la interpretación del crecimiento como un aumento progresivo de materiales, medido por el incremento del peso seco. Este punto de vista posteriormente ha sido apoyado por Steward (1969) y Richards (1969) citado por Seminario (1991).

Gardner *et al.* (1985) dice que desde el punto de vista agronómico (sentido amplio), el crecimiento se define como incremento en materia seca y que esta definición incluye el proceso de diferenciación (o desarrollo) el cual puede contribuir de manera significativa a la acumulación de materia seca.

Hunt (1982) define el crecimiento como cambios irreversibles a través del tiempo, principalmente de tamaño (mensurables) frecuentemente de forma y ocasionalmente en número. Esta interpretación resulta más amplia, puesto que al involucrar los cambios en forma esta involucrando fenómenos de diferenciación, los cuales para otros autores implican el fenómeno de desarrollo.

Según el mismo autor, la cuantificación del crecimiento de una planta se puede realizar mediante la evaluación de las variaciones de la materia seca en función del tiempo, para lo cual se utilizan básicamente las variables peso seco y área foliar. Señala además que en el análisis de esta variación son útiles las curvas de crecimiento, ya que son la expresión gráfica de una expresión matemática que describe el comportamiento del crecimiento.

A través de los años, diferentes autores (Blackman, 1919; Fisher, 1920; Watson, 1947; Williams, 1946; Leopold y Kriedemann, 1975; Radford, 1967; Hunt, 1982) citado por Seminario (1991), han generado diversos índices y procedimientos que permiten evaluar el crecimiento y que en conjunto forman una metodología para el análisis del mismo. Entre los índices más importantes se mencionan: índice de área foliar (IAF), duración de área foliar (DAF), tasa relativa de crecimiento foliar (TRCF), razón área foliar (RAF), área específica foliar (AEF), razón de peso foliar (RPF), tasa absoluta de crecimiento (TAC), tasa relativa de crecimiento (TRC) y tasa de asimilación neta (TAN).

Cuando es necesario estudiar órganos específicos por ser de interés agrnómico o fisiológico, se puede segregar el peso seco de la planta en sus diversos órganos (Wallace *et al*; 1972). A esto se ha denominado asignación de materia seca a los órganos de la planta y ha permitido conocer la importancia relativa de los órganos de interés antropocéntrico, respecto de la acumulación de materia seca total en diferentes estadios o etapas fenológicas (Félix Valencia, 1986; Loiza Villegas, 1986; Kohashi Shibata, 1990).

### 2.23. Endogamia y heterosis.

Los grandes logros del mejoramiento de las plantas han tenido como base de explotación comercial de dos hechos biológicos: La endogamia y la heterosis (Reyes, 1999).

### 2.23.1. Endogamia.

El término indica una forma de apareamiento o cruzamiento entre individuos emparentados. En las plantas monoicas compatibles, la endogamia es máxima cuando ocurre la autofecundación, pero pueden presentarse diferentes grados de endogamia en atención al parentesco entre el conjunto de progenitores en una población de plantas o al número de ellas. En las plantas autógamas la endogamia es la forma natural de realizarse. En las alógamas, como el maíz, se efectúa la endogamia por medio de autofecundaciones mediante polinización controlada; dicho proceso conduce a la obtención de líneas cada vez menos vigorosas, las cuales pueden ser aparentemente homocigóticas en un período de cinco a siete generaciones. Aproximadamente, la mitad de la reducción total del vigor se registran en la primera generación autofecundada, el resto se registra por mitad en cada generación sucesiva, después de la cuarta autofecundación se consigue una homocigosis mayor de 80 por ciento (Espinosa, 1982; Garduño, 2000; Reyes, 1990).

Además de la pérdida de vigor, las plantas individuales de las primeras generaciones muestran muchos defectos como: reducción en altura, tendencia a producir chupones, acame, susceptibilidad a enfermedades, plantas deformes, albinas y debilitamiento general de la población, las plantas defectuosas se desechan y solamente se autofecundan en cada generación las plantas agronómicas sobresalientes. Sin embargo, puede ocurrir cierto grado de endogamia naturalmente si por varias generaciones se cultivan pequeñas poblaciones de plantas y se practica selección (100 plantas o menos por generación) en lugares aislados de otras plantaciones de maíz (Espinosa, 1982).

En contraste, Reyes (1990) consigna que el cruzamiento restaura el vigor y la progenie manifiesta la mayoría de los caracteres con mayor intensidad; también menciona que la endogamia trae consigo dos hechos de importancia:

1. Disminución del vigor y rendimiento
2. Aparición de individuos notables por su uniformidad o por anomalías que originan problemas de supervivencia.

### 2.23.2. Heterosis.

La heterosis es el fenómeno que ocurre cuando se cruzan dos o más líneas, obteniéndose plantas con mayor vigor que sus progenitores, éste será más alto cuando los individuos que los provocan sean de constitución genética diferente. A mayor diversidad genética, mayor es el grado de heterosis (Espinosa, 1982).

La heterosis se manifiesta produciendo un estímulo general en la progenie o en el híbrido y afecta a las variedades de diferentes maneras (Reyes, 1990):

1. Mayor rendimiento de grano, forraje o frutos.
2. Madurez más temprana
3. Mayor resistencia a plagas y enfermedades
4. Plantas más altas
5. Aumento en el tamaño o número de ciertas partes u órganos de la planta
6. Incremento de algunas características internas de la planta.

Espinosa (1982) cita que la palabra heterosis es una contracción de la palabra heterocigosis. La heterosis se ha empleado para incrementar la capacidad de rendimiento. En maíz se utiliza este fenómeno cuando se explota en la F1 la heterosis que se obtiene al cruzar dos o más líneas. Existen diversas hipótesis sobre el fenómeno de la heterosis, sin embargo, generalmente se presentan dos explicaciones para entenderlo, aún cuando ambas no lleguen a cubrir en forma adecuada todos los casos:

1. Dominancia: propuesta por Davenport (1908), Keeble y Pellew (1908) y Bruce (1910), se refiere a la correlación observada entre la dominancia y efectos benéficos (o recesividad y efectos detrimentales). El vigor híbrido resulta de la acción combinada de factores favorables dominantes y parcialmente dominantes, supone que en general los factores dominantes aportados por cada progenitor del híbrido son deseables y por lo tanto los factores recesivos son nocivos, un híbrido es más vigoroso que sus progenitores por que tienen más factores dominantes que recesivos.

2. Sobredominancia: Shull y East (1908) se basa en la explicación del fenómeno por la heterocigocidad, es decir, entre mayor sea el número de genes por el cual un planta es heterocigótica, mayor será su heterosis, por ejemplo, un híbrido con una constitución genética Aa, Bb, Cc, Dd será vigoroso que otro híbrido con la constitución genética AA, BB, CC, DD la sobredominancia se define como la superioridad del heterocigoto Aa sobre cualquiera de los homocigotos AA y aa.

#### 2.24. Pureza genética del maíz.

Douglas (1982) citado por Virgen *et al* (1992) establece que es importante distinguir entre el mejoramiento genético de una variedad y su mantenimiento varietal; el primero es una actividad, y el segundo implica la conservación de la pureza genética de la variedad, tal como ha sido descrita por el fitomejorador; lo que puede implicar algún sistema de selección individual de plantas en función de algún carácter de interés para la producción de semilla; además de un ensayo de autenticidad de tipo en las plantas seleccionadas.

Por lo cual; para que una variedad o híbrido desarrollada por un fitomejorador logre una amplia distribución o aceptación por parte de los agricultores, debe reunir características agronómicas, deseables, superiores a la existentes, como resistencia a ciertas enfermedades, producción, calidad culinaria, resistencia al acame entre otras características (período vegetativo, tamaño de planta, erección, hoja bandera, macollamiento) (Faeth, 1998) y debe ser fácil de multiplicar para conservar la calidad genética y física de la semilla (Virgen *et al*, 1992). Dichas características, son controladas por el genotipo de la planta y las generaciones subsiguientes les mostrarán de manera idéntica siempre y cuando la población permanezca genéticamente inalterada, por que cuando se desarrolla una variedad y se somete por daños a la multiplicación de semilla, en cada incremento que se hace existe riesgo de que se pierda la identidad varietal, lo cual propicia que ya no posean las características con la que fue obtenida (Tadeo y Espinosa, 2004).

De manera que la contaminación genética o física implica la pérdida a plazo de la condición genética y por lo tanto de la calidad de un cultivar superior o mejorado. En tal situación es de esperarse mayor susceptibilidad a enfermedades y al acame, así como bajos rendimiento (Faeth, 1998).

- Origen la semilla. Este se refiere al control y seguimiento que se da a cada lote, lo que incluye localidad y ciclo donde se produjo, y dependiendo de esto cada origen puede tener cierto nivel de pureza genética lo cual incluye todos los elementos que pueden desviar la identidad varietal. Por ello es fundamental que quien produzca semilla se asegure que dicho origen esté verificado en su calidad genética al ser utilizado para un nuevo incremento.

- Contaminaciones mecánicas: Las contaminaciones mecánicas en la sembradora, en la cosechadora, así como en otros pasos del proceso de multiplicación de semilla, propician sesgos en la identidad varietal. Es suficiente un error en el manejo progenitores, un cambio o equivocación en la movilización de estos mismos para dañar la calidad genética.

- Contaminación durante la polinización. Las contaminaciones en la polinización ocurren por deficiencias en el desespigue, propiciándose autofecundaciones en las plantas hembras, lo cual resulta en semilla que no corresponde a la identidad varietal que se trata de obtener. Otro aspecto en la polinización se presenta cuando el lote de multiplicación es contaminado por polen extraño debido a deficiencias en el aislamiento durante el incremento de la semilla original, la cual se realiza con iniciación manual, presentándose contaminaciones por escaso cuidado al obtener polen de las plantas y en la realización de las polinizaciones en cada una de las anteriores. El incremento de líneas endogámicas por autofecundación facilita el mantenimiento de la pureza varietal.

- Estabilidad genética. En ocasiones las variedades son liberadas y puestas en uso comercial sin estar completamente terminado su proceso de mejoramiento genético, por lo cual la variedad continúa en proceso de cambio; lógicamente al incrementarse la semilla después de varios ciclos hasta llegar a semilla certificada, la variedad presentará modificaciones.

- Efectos de selección. Cada variedad debe incrementarse utilizando un tamaño de muestra representativo que permita multiplicar en forma fiel la identidad varietal sin riesgo de que la variedad presenta sesgos. En ocasiones no se incrementa esta última en el número de plantas necesarias y se aplica selección en las plantas que se multiplican. Cabe esperar que al realizar este procedimiento la semilla obtenida sea

incluso mejor y presente ventajas contra la variedad original, sin embargo esa variedad al ser diferente a la inicial ya no corresponde a la variedad que se pretende incrementar.

## 2. 25. Variedad.

De acuerdo con el CIMMYT (1985) y la Ley Federal de Variedades Vegetales (1996) el término “variedad” ha sido definido como la subdivisión de una especie, que incluye a un grupo o fracción de individuos superiores con características similares, de una población, en continuo proceso de mejoramiento; que son diferentes, uniformes y estables. Una variedad es diferente o distinta por que se distingue técnica y claramente es uno o varios caracteres pertinentes de cualquier otra variedad, es decir poseer rasgos que la distinguen de otras conocidas y que definen su identidad. Presenta variación reducida de los rasgos agronómicos importantes y es estable en términos de la expresión de muchos de estos rasgos a través del tiempo. La variedad no debe exhibir variación más allá de las normas establecidas. Una variedad constituida por la recombinación de ocho a diez familias selectas de una población estructurada en éstas mismas, puede ser suficientemente uniforme en su apariencia, siempre y cuando se ponga cuidado en seleccionar razas que sean similares en maduración, altura de planta, altura de mazorca y otras características. La uniformidad fenotípica de la variedad implica tanto operaciones menos rigurosas de eliminación de plantas en fases subsiguientes de la multiplicación de la semilla, como una mejor aceptación por parte de los agricultores. Dicha uniformidad es necesaria según Sheep y Hendriksen, 1979, citado por Virgen *et al* (1992) para identificación de la variedad en el campo de producción de semilla, en el que se debe procurar atención al mantenimiento de la estabilidad genética, de la pureza varietal y para que los propósitos comerciales sean de utilidad para la protección varietal.

En resumen, “variedad” significa un ensamblaje de fenotipos relativamente uniformes que representan la fracción superior de una población en un ciclo dado de mejoramiento y selección. La selección de familias superiores para constituir una variedad es necesaria aún en poblaciones que han sido sujetas a varios ciclos de mejoramiento (CIMMYT, 1985 a).

El nombre común de una variedad es por su lugar de origen, denominadas variedades autodescriptivas. Hay variedades nativas, son aquellas que se originan en un lugar determinado y ahí evolucionaron; las variedades criollas son las introducidas y adaptadas a las condiciones

existentes en el lugar de adopción que multiplicándose libremente y por selección natural o dirigida han logrado producciones aceptables para los agricultores (Reyes, 1990).

## 2. 26. Maíz híbrido.

El maíz híbrido representa el progreso individual más grande en la producción de este grano que se haya realizado desde que el hombre lo descubrió hace unos 450 años. El maíz híbrido es superior a las variedades de polinización libre debido a que el grano y el forraje son de mejor calidad, representa rendimientos significativamente más elevados, tiene mayor resistencia a enfermedades e insectos, es más resistente al acame y a la sequía (Delorit, 1982).

El aumento de la producción de maíz se hizo posible principalmente gracias a la introducción de semillas híbridas de alta productividad, su obtención se basa en aprovechar el fenómeno de heterosis que se produce al cruzar dos líneas puras homocigóticas (Delorit, 1982; Llanos, 1982).

Cuando tales líneas se cruzan, la semilla resultante produce plantas híbridas muy vigorosas. Las variedades que se quieren cruzar deben sembrarse en hileras alternas, retirando las inflorescencias masculinas de una de ellas a mano, de manera que todas las semillas que se produzcan a partir de dichas plantas serán híbridas. Mediante una selección cuidadosa de las mejores líneas cruzadas, se pueden producir los híbridos de maíz más vigorosos y apropiados para el cultivo en una zona determinada, los cuales tendrán mayor producción de grano y mayor uniformidad en floración, altura de planta y maduración permitiendo la aplicación de una mejor tecnología pues son fáciles de cosechar y dan lugar a producciones más altas que los individuos no híbridos (Llanos, 1982; Reyes, 1990).

## 2. 27. Fuentes de germoplasma.

Las fuentes de información del maíz Palomero al principio eran pocas, pero es probable que las primeras razas de maíz palomero comercial provenían de las tribus Indias de Centro y Sudamérica. Esas tribus hacían el tostado del maíz pues les resultaba más agradable al paladar Ziegler *et al.* (1984).

Esos materiales de maíz palomero son los antecesores que dieron las fuentes de germoplasma de las razas usadas hoy en día. A finales de 1800, cuando el maíz palomero se convirtió en

cultivo comercial, las más prominentes variedades fueron: Japanese Hulless, White Rice, Queen's Golden, Yellow Pearl, Supergold, South America, Spanish, superb y Tom Trumb. A final de la década 1930, fue cuando los híbridos de maíz palomero se hicieron disponibles. El primer híbrido de maíz palomero fue liberado en 1935 y fue el resultado de cruza de dos líneas consanguíneas de la misma variedad Japanese Hulless. Desde los primeros años del desarrollo de las líneas consanguíneas, algunas de esas variedades tienen cualidades para más usos que otros como fuentes de líneas consanguíneas: Supergold, South America, Amber Pearl, Ohio Yellow, White Rice y Japanese Hulless. Actualmente las razas utilizadas con diferentes fuentes de germoplasma, depende de las metas de los programas de mejoramiento Zeigler *et al.* (1984).

## 2. 28. Mejoramiento.

Los programas de mejoramiento del maíz Palomero Toluqueño por la Universidad de Purdue, Universidad del estado de Iowa, y la Universidad de Nebraska han liberado recientemente materiales sintéticos: Purdue, XPXD-1 y HPXD-2; Iowa BSP1C1, BSPW1C1, BSP2C1, BHPXD-IC2; Y BSPM1C1; y Nebraska YPILFWS(1) y SGIIFWS(2) Ziegler *et al.* (1984)

En nuestro país investigadores del Instituto Nacional de Investigadores Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de los campos experimentales de Río Bravo, Tamaulipas y Celaya Guanajuato, han realizado investigaciones tendientes a mejorar el potencial de reventado de maíces Palomeros autóctonos. Sin embargo, la falta de interés de los productores en este tipo de maíz y la escasez de recursos han imposibilitado el avance en su mejoramiento (Mejia, 1999) citado por López (1999).

Por otra parte se ha propuesto el uso de los maíces palomero nacionales, como base para un programa de mejoramiento, especialmente por su adaptación a los medios donde sigue cultivándose, y se planea incorporarles germoplasma de maíces palomeros norteamericanos para mejorar el potencial de reventado. Esto ahorraría tiempo de investigación y recursos; beneficiando especialmente a productores que en la actualidad no tienen posibilidades de competir en el mercado de este producto (Mejia, 1999) citado por López (1999).

## 2.29. Rendimiento.

Se reconoce en la agricultura, que existen dos tipos de rendimiento; el biológico y el agronómico, el primero representa la producción total de materia seca por unidad de superficie en un tiempo dado y el segundo se refiere al volumen o peso de aquellos órganos de valor económico para el hombre por planta o por unidad de superficie por tiempo (Cruz, 1995; Pons *et al*, 1991)

El rendimiento no es una característica fácil de pretender ni de herencia simple. La planta de maíz puede tomarse como una fábrica que produce paquetes de energía: los granos. El rendimiento, tal como le interesa al productor, es el peso del grano seco producido por hectárea, que corresponde al peso de grano de cada planta multiplicado por el número de plantas por hectárea, en donde su incremento es el criterio fundamental en el mejoramiento genético del maíz en México y otros países del mundo (Aldrich, 1974; Cruz, 1995).

#### 2. 29.1. Componentes de Rendimiento.

Kohashi (1979) citado por Cruz (1995) y Milton (1986), afirman que el rendimiento agronómico es la consideración fundamental en la producción de maíz, y está en función del genotipo, ambiente que lo rodea y de la interacción de estos factores, manifestado a través del funcionamiento y de la interacción de muchos componentes de procesos fisiológicos de la planta, los cuales varían con el genotipo.

##### 2.29.1.1. Componentes de rendimiento de grano.

Según Gardner *et al.* (1985) el rendimiento de grano es un producto de factores llamados componentes del rendimiento; por lo tanto, este rendimiento puede expresarse en función de sus componentes.

Existe cierto consenso entre los autores en que los principales componentes del rendimiento de grano por planta son: número de mazorcas por planta, número de hileras de grano por mazorca, número de granos por hilera y peso promedio de cada grano (o peso promedio de 100 granos) (Tanaka y Yamaguchi, 1972; Ordaz y Stucker, 1977; Cross, 1977) citado por Seminario (1991).

Kohashi Shibata y García Barrios (1989) proponen la siguiente ecuación para expresar el rendimiento de grano por mazorca:

Peso seco de grano =	No. de hileras *	No. de granos *	Peso seco de
por mazorca	por mazorca	por hilera	un grano

Consecuentemente, el rendimiento de grano por planta está dado por la sumatoria del peso del grano de todas las mazorcas que esta produce.

El número de mazorcas por planta está determinado básicamente por el genotipo, pero es modificado por el ambiente (Weatherwax, 1954; Galinat, 1969). Puesto que, a la vez que se desarrolla otras inflorescencias de las yemas de los nudos inferiores (Bonnett, 1983), potencialmente la planta puede tener varias mazorcas. Sin embargo, en la mayor parte de las variantes de maíz se desarrolla una o dos mazorcas y el resto de inflorescencias femeninas pueden lograr cierto grado de desarrollo, pero no forman granos o sufren un proceso de involución (Duncan, 1973).

Duncan (1973) dice que a los cultivares que presentan una fuerte tendencia a producir más de una inflorescencia femenina a baja densidad se les denomina prolíficas, y señala que de ninguna manera esta definición resulta precisa. Por su parte, Robles Sánchez (1987) indica que el término prolífica es aplicado para designar a las plantas con muchas mazorcas. Finalmente, Front Quer (1977) citado por Seminario (1991) define el término como plantas capaces de producir abundante descendencia o desarrollar yemas donde habitualmente no se forman.

Según Tanaka y Yamaguchi (1972) el número de hileras de grano por mazorca es un carácter genético que no es afectado fácilmente por las condiciones de cultivo. Pons Hernández (1989) indica que el número de hileras está en función del diámetro del olote y del ancho del grano.

El número de granos por hilera depende del número de flores fertilizadas y según Tanaka y Yamaguchi (1972) tiende a disminuir con el aumento de la densidad y la disminución del nivel de nitrógeno en el suelo.

Milthorpe y Moorby (1982) citado por Seminario (1991) sostienen que el tamaño y peso de grano dependen del tamaño del ovario, la tasa de llenado del grano y el periodo de llenado del grano. Y aunque los tamaños de los granos de una planta son distintos, el tamaño promedio de estos es más o menos constante para cada cultivar en diferentes condiciones ambientales; es decir, que

los factores genéticos predominan sobre los ambientales en determinar el tamaño promedio de los granos. Por lo tanto, un mayor rendimiento de grano se logra solamente cuando se puede obtener una combinación apropiada de genotipo ambiente (Pons *et al*, 1991).

Reyes (1990) confirma lo anterior, al explicar que existen componentes correlativos del rendimiento como son: longitud, número de hileras, peso del grano y número de mazorcas por planta, los cuales presentan baja heredabilidad, es decir, se ven sumamente afectados por el ambiente, por lo que Aldrich (1974) asegura que no puede elegirse una variedad o híbrido por que tengan espigas grandes, muchas hileras de granos, granos grandes o varias espigas por planta; e inmediatamente asegurar que producirá un rendimiento inmejorable. Después de estas consideraciones, cita el autor, que el mejor procedimiento consiste en examinar los registros de las pruebas de comportamiento realizadas en su zona durante varios años, y evaluar los rendimientos en su propio establecimiento.

Sin embargo, Tanaka y Yamaguchi (1969), aseguran que el número de granos por unidad de área sembrada o sea la cuantía o el tamaño de la demanda fisiológica, es el que determina el rendimiento en grano de maíz, y esta compuesto de:

a) Número de plantas por unidad de área sembrada. Está bajo el control de los métodos de cultivo y puede ser incrementado al aumentar la densidad de siembra.

b) El número de mazorcas por planta.

c) El número de granos por mazorca. El número de granos por mazorca es el producto del número de hileras por mazorca y el número de granos por hilera. Muchos híbridos producen de un 15 a un 20% más de grano que las variedades disponibles de polinización abierta. Por regla general, el maíz híbrido produce un mayor porcentaje de semilla comercial (Wilson, 1975).

## 2. 30. Calidad de semilla.

La calidad de semilla puede definirse según Tadeo y Espinosa (2004) como el nivel o grado de excelencia, el cual es asumido por las semillas solamente cuando son comparadas con un estándar aceptable. La semilla puede ser superior, buena, mediana o pobre en calidad.

La calidad de las semillas de maíz se establece con la interacción de sus componentes genéticos, fisiológicos, físicos y sanitarios, mismas que se determinan durante el ciclo biológico de la planta que les da origen y son afectadas por el ambiente en que se producen (Gutiérrez *et al*, 1991):

1. Componente genético.
2. Características físicas.
3. Componente fisiológico.
4. Componente sanitario (Tadeo y Espinosa, 2004).

1. Componente genético.

La calidad genética es mayor cuando se asegura la pureza varietal de acuerdo con la semilla original y está relacionada con la copia fiel de la variedad obtenida por el mejorador.

2. Características físicas.

Se refiere al nivel de excelencia con respecto a tamaño, forma, color, brillantez, densidad, entre otras características. Considera también porcentaje de semilla pura, peso de la semilla.

En la cosecha se trata de controlar las mezclas físicas, daño mecánico, etc.

Los agricultores han preferido históricamente semillas grandes, pero esta actitud tiende a cambiar.

Las semillas pequeñas germinan bien en condiciones favorables.

Uno de los aspectos importantes durante la cosecha es el contenido de humedad al que se debe de iniciar la recolección de semilla con el objeto de evitar al máximo el daño mecánico, además de que todo el equipo que se utilice durante la recolección, deberá estar limpio, para evitar las mezclas de semilla con otros lotes que se hallan cosechados con anterioridad.

3. Componente biológico o fisiológico.

Está integrado por características relacionadas con la capacidad metabólica y fisiológica para establecer nuevas plántulas y plantas sanas. Tales como:

1. Germinación: Proceso de reinicio del crecimiento activo que inicia con la imbibición:
  - Activación enzimática.
  - Ruptura de la cubierta seminal y emergencia de la plántula.
  - Establecimiento de la plántula.
2. Viabilidad: Palabra que se refiere a la presencia de vida, con las funciones relacionadas, es decir que realiza respiración.
3. Vigor: Es la suma total de aquellas propiedades de la semilla que determinan el nivel de actividad y comportamiento de la semilla o lote de semillas, durante su germinación y emergencia de la plántula.
4. Componente sanitario.

Se refiere al hecho de que la semilla se encuentre libre de microorganismos (hongos, bacterias y virus), que representen una seria dificultad para la producción de semilla de alta calidad.

#### 2.31. Rendimiento agronómico y sus índices.

Kohashi Shibata (1990) sostiene que el rendimiento es la expresión fenotípica resultante final de los procesos fisiológicos que se reflejan en la morfología y fisiología de la planta. Indica que el rendimiento puede referirse a la cantidad total de materia seca producida por la planta, en cuyo caso se llama rendimiento biológico y biomasa, o puede referirse exclusivamente a los órganos de interés antropocéntrico, en cuyo caso se llama rendimiento agronómico, también citado como rendimiento económico, pero el mismo autor indica que debe evitarse su uso porque tiene una connotación específica en el campo de la economía.

El índice de cosecha (IC) propuesto por Donald (1962) establece la relación expresada en por ciento entre el rendimiento agronómico y el rendimiento biológico al momento de la cosecha (en pie). Puesto que, el IC indica la proporción de materia seca total producida por la planta, constituye una herramienta útil para medir la eficiencia de la planta para producir grano.

Por definición, el IC es menor de 100% y sus valores pueden variar ampliamente, dependiendo del genotipo y de las condiciones ambientales. Así, en la variedad H-28 se han registrado valores desde 27% (Malaver Hernández, 1973), hasta 41% (Félix, 1986). En cambio en la raza Olotón se informa que se encontraron valores de 25% (Márquez Gómez, 1989) y 32% (Kohashi Shibata y García Barrios, 1989) citado por Seminario (1991).

Daynard y Duncan (1969) señalan que un factor importante en el rendimiento de grano en el maíz es el período de llenado del grano (PLLG) el cual esta comprendido entre la anthesis femenina y la madurez fisiológica.

Tanaka y Yamaguchi (1972) en un ensayo de variedades, encontraron que en lo híbridos el PLLG era más largo que el tiempo entre siembra y floración femenina y a ello atribuyen el mayor rendimiento de los híbridos en relación a las líneas parentales. Por su parte Crosbie y Mock (1981) encontraron en ciertos híbridos, que un extenso PLLG y senescencia tardía (más que un incremento en la tasa de llenado del grano TALLG) estaba asociado con el incremento del rendimiento de grano.

Daynard *et al.* (1971) sugiere como otro índice importante el llamado período de llenado efectivo del grano (PLLEG) que es el tiempo en el cual ocurre una tasa lineal de crecimiento del grano, es decir no toma en cuenta los periodos temprano y tardío, que son de crecimiento lento (inflexiones de la curva). El hecho de no tomar en cuenta los periodos antes mencionados, según Evans (1983) hace que el PLLEG no puede considerarse como un índice totalmente correcto. Sin embargo, Frey (1981) sostiene que es importante porque una alteración en la duración de este periodo determina variaciones en el peso de los granos de una mazorca o entre mazorcas de la misma población. El mismo autor comprobó que una etapa crítica en el desarrollo del grano estaba comprendida entre 2 a 3 semanas después de la anthesis femenina; aunque no indica el criterio para considerar una etapa como crítica.

Tollenaar (1977) dice que el rendimiento final de grano es la resultante, tanto de la tasa absoluta de llenado de grano (TALLG) como de la duración del PLLG. La TALLG expresa la cantidad de materia seca que se está acumulando en el grano por unidad de tiempo.

Frey (1981) ha sugerido que la TALLG al igual que el PLLG son factores que pueden ser mejorados por selección para obtener altos rendimientos. Asimismo se piensa (Tollenaar, 1977)

que una alta TALLG durante un amplio PLLG determina mayor rendimiento e indica una mayor capacidad de demanda de los granos.

Pons Hernández (1989) considera como otro índice importante del rendimiento agronómico, a la eficiencia del área foliar para producir grano (EAFG) a la cual Márquez Gómez (1989) citado por Seminario (1991) denominó índice de eficiencia del área foliar (IEAF). Este índice establece la relación entre el rendimiento de grano de la planta y su área foliar total (o área foliar presente al momento de anthesis femenina). En otras palabras, mide la eficiencia o aptitud del área foliar para producir materia seca que se destina al grano. Los estudios de Pons Hernández (1989) mostraron que un índice práctico y se correlaciona positivamente con el rendimiento de grano y el índice de cosecha, por lo que recomienda usarlo como sustituto del IC o bien considerar los dos para seleccionar genotipos con mayor eficiencia en la acumulación de materia seca en el grano.

## 2. 32. Relación entre la fuente y la demanda.

El rendimiento biológico de la planta esta en función de su capacidad para interceptar la energía luminosa y convertirla en biomasa. Sin embargo, es obvio que el rendimiento agronómico en gran parte depende de las relaciones que se establecen al interior de la planta, entre los órganos o sitios de producción de fotosintatos y los órganos o sitios utilización de los mismos (Warren-Wilson, 1972) puede tener explicación mediante la teoría de la relación fuente y demanda fisiológica.

Warren-Wilson (1972) sostiene que con el objeto de tratar de cuantificar la habilidad competitiva de los centros de producción y consumo de fotosintatos, se han introducido los términos potencia de la fuente y potencia de la demanda, los cuales indican el tamaño y la actividad tanto de la fuente como de la demanda.

Tanaka y Fujita (1975) citados por Torigoe (1984) indican que en el caso del maíz y el sorgo, cada planta constituye una unidad fuente-demanda y que representan los sistemas más simplificados.

Por otro lado, en el maíz la fuente principal esta constituida por las láminas de las hojas y de menor importancia son las vainas foliares. Temporalmente, en las etapas reproductivas,

mediante la retranslocación de fotosintatos pueden convertirse en fuente, las brácteas, tallo, olote y pedúnculo de la mazorca (Barriere y Gay, 1983; Duncan *et al*, 1965; Allison y Watson, 1966; Daynard *et al*, 1969; Cantrell y Geadelman, 1981; Tanaka y Yamaguchi, 1972; Acosta Díaz, 1985; Félix, 1986). Además se ha sugerido que pueden ser fuentes temporales, la raíz y la inflorescencia masculina (Evans, 1983; Van Eijnatten, 1963).

De los trabajos en híbridos, Tanaka y Yamaguchi (1972) concluyen que el factor que limita el rendimiento de grano es la demanda fisiológica (número de granos). Sin embargo Tollenaar (1977) sostiene que tanto la fuente como la demanda pueden ser factores limitantes y que la combinación de genotipo y ambiente determina cuál limitación es la predominante.

Hunter (1980) indica que en maíces de corto periodo vegetativo y con pequeña área foliar, la fuente puede ser la limitante.

Wall y Martimore (1965) citados por Hunter (1980) señalan que la retranslocación de reservas, especialmente desde el tallo hacia los granos sucede cuando el área foliar no puede suministrar la demanda de fotosintatos a la mazorca en desarrollo y también el grado de retranslocación puede ser acelerado por pérdida prematura de hojas.

## 2. 33. Ahijamiento o macollamiento del maíz.

Weatherwax (1943) sostiene que el hábito de ahijar o macollar del maíz proviene del maíz silvestre y que este a la vez lo heredo de sus parientes más cercanos (Teocintle y *Tripsacum*). Sin embargo, Mangelsdorf *et al.* (1967) dice que no hay evidencias del hábito de ahijar en los fragmentos arqueológicos más antiguos de Tehuacan. Por ello Galinat (1967) sugiere que el hábito de tallo único de algunas razas de maíz puede haber evolucionado antes o con la domesticación, como una adaptación al crecimiento en condiciones semiáridas o para tolerancia al frío. Asimismo, cree que el hábito de tallo único del maíz de Tehuacan puede haber contribuido a su extinción como planta silvestre, debido a la pérdida de aptitud para regenerarse mediante macollos o hijos después que el tallo principal era consumido por los animales.

Según Sehgal (1963) citado por seminario (1991) la tendencia de una variedad a macollar está probablemente relacionada con el grado de infiltración por Teocintle, macolla profusamente.

El número de hijos por planta es variable entre razas y dentro de las mismas, teniendo también influencia decidida las condiciones ecológicas y de manejo (Stevenson y Goodman, 1972).

En la raza Palomero Toluqueño, Wellhausen *et al.* (1951) encontraron 0.26 hijos por planta e INTA (1983) informa que registró en la misma raza 1.8 hijos por planta.

Paredes M. (1963) citado por Mendoza Onofre (1972) estudió el ahijamiento en colecciones de maíz mexicano y concluyó que: a) El número de hijos por planta fluctúa entre 0 a 5 con una media de 1.3, b) A medida que aumenta la altitud (msnm), el ahijamiento también aumenta, y c) En los maíces más tardíos al ahijamiento es menor.

Respecto a la contribución de los hijos al rendimiento de grano, Kiesselbach (1950) después de un trabajo de 5 años concluye que: a) Aunque existe una conexión vascular entre el tallo principal y los hijos, éstos realmente no afectan el rendimiento; b) Los hijos no alimentan por retranslocación a la planta principal, pero tampoco actúan como parásitos de ésta (bajo condiciones favorables de espacio, fertilidad y humedad del suelo; c) Los hijos son decididamente menos eficientes en producir grano que la planta principal.

Jones, Singleton y Curtis (1935) citados por Galinat (1967) y Galinat (1967) indican que en maíces dulces, los hijos contribuyeron al desarrollo de un mejor sistema radical y a incrementar significativamente el rendimiento.

Mendoza Onofre (1970) encontró que los híbridos H-28 y H-129, produjeron más hijos a medida que disminuyó la población, pero éstos no modificaron el rendimiento de grano por planta.

El mismo autor (1972) en otro estudio, en el cual usó las variedades Compuesto Apachito o Compuesto Tardío que produjeron 2 a 3 hijos por planta (sembradas a la densidad original de 30,000 plantas por hectárea), encontró que: a) El rendimiento de la planta madre cuando permanecieron con ella, 1, 2 y 3 hijos, estadísticamente fue igual al de la planta madre a la cual se le eliminaron los hijos; b) Cuando se eliminó la planta madre el rendimiento de los hijos aumentó significativamente, lo que indica que la planta madre sí constituyó factor de competencia para los hijos. Este efecto fue mayor en el Compuesto Apachito.

### III. Materiales y métodos.

#### 3.1. Ubicación geográfica.

El experimento se realizó durante el ciclo primavera-verano 2006, bajo condiciones de temporal, en la parcela experimental No. 7 de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM, perteneciente al Municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México, que se encuentra a los 19° 41'35" de latitud norte y a los 99° 11'42" de longitud oeste, a una altitud de 2274 *msnm*.

#### 3.2. Condiciones edafoclimáticas.

La región presenta clima templado C (Wo) (w) b (i') que corresponde para las condiciones de México al más seco de los subhúmedos, con régimen de lluvias en verano, e invierno seco con menos del 5% de la precipitación anual (García, 1973).

La temperatura media anual es de 15.7° C. El mes más frío es enero con 11.8° C en donde la temperatura mínima corresponde a los 2.3° C. El promedio anual de días con heladas es alto, 64 días, abarcando desde octubre hasta abril, siendo más frecuentes en diciembre, enero y febrero; las heladas tempranas se pueden presentar entre el 8 y 10 de septiembre y las tardías hasta el mes de mayo. El mes más caliente es junio con 18.3° C, cuya temperatura máxima es de 26.5° C. La precipitación promedio anual de la zona es de 605 mm, concentrándose en los meses de mayo a octubre siendo junio el mes más lluvioso con 128.9 mm y febrero el más seco con 3.8 mm, en promedio. Las probabilidades de lluvia aquí son menores al 50% por lo que es indispensable contar con riego. La frecuencia de granizadas es baja, observándose principalmente en verano (Estación Almaraz, FESC UNAM, 2000).

De acuerdo con el sistema FAO los suelos de la FES Cuautitlán han sido clasificados como Vertisoles pélicos los cuales presentan una textura fina arcillosa; son pesados, difíciles de manejar al ser plásticos, adhesivos cuando están húmedos y duros cuando se secan, formando de esta manera grietas profundas; pueden ser impermeables al agua de riego y/o de lluvia. Se sabe por información proporcionada en el Laboratorio de Suelos de la carrera de Ingeniería Agrícola de la FESC UNAM, que tienen un pH ligeramente ácido, de 6 a 7, con un contenido medio de materia orgánica, alta saturación de bases y mediana Capacidad de Intercambio Catiónico.

### 3.3 Material genético.

Se evaluaron once materiales, dentro de los cuales ocho híbridos son producto de la combinación de líneas elites por fuentes palomeras desarrollados en colaboración INIFAP-UNAM, en estos híbridos tres son androestériles, cuatro son fértiles, uno es androestéril/fértil, así como tres testigos de textura dentada, dos de ellos androestériles de INIFAP-UNAM y el tercero fértil, desarrollado en la FESC-UNAM, estos materiales se presentan en el cuadro 1.

**Cuadro 6. Híbridos androestériles, fértiles, androestéril/fértil obtenidos de combinaciones de líneas elites por líneas palomeras evaluados en la FESC-UNAM. Primavera – Verano 2006.**

No.	GENEALOGIA	ORIGEN	CRUZA	CONDICION AE/F
1	(EHT49 X 18) X EHT49)# pap) X Palomero Resurrección	INIFAP-UNAM	109X421	Fértil (restaurador)
2	(UIA242X242)X 243) X Palomero USA	INIFAP-UNAM	153X195	Androesteril
3	(244AE X 244) X 349F) X Palomero USA	INIFAP-UNAM	156X195	Androesteril
4	(244AE X 244) X 239F) X Palomero USA	INIFAP-UNAM	157X195	Androesteril
5	(141 X MU2000) X Palomero Resurrección	INIFAP-UNAM	175X421	Fértil
6	(239 X 241) X 177) X Palomero Resurrección	INIFAP-UNAM	162X421	Fértil
7	(239 X 241) X 177) X Palomero USA	INIFAP-UNAM	162X195	Fértil
8	(242AE X POB42 X PB XPB) X 244AE X 244F) X Palomero USA	INIFAP-UNAM	174X195	Androesteril/Fértil
9	H-51 AE*	INIFAP-UNAM	Faja 8	Androesteril/Fértil
10	H-49 AE*	INIFAP-UNAM	Faja 10	Androesteril/Fértil
11	Puma 1167*	UNAM		Fértil

\* Maíz de textura dentada

### 3.4. Diseño experimental

Se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con 11 tratamientos y 3 bloques, dando un total de 33 unidades experimentales.

Dicho diseño se aplicó porque es preciso, simple de analizar y principalmente para variabilidad del suelo.

El diseño de bloques al azar se realizó aleatorizando los tratamientos o variedades dentro de cada estrato o subgrupo.

### 3.5 Tamaño de la parcela.

La parcela experimental estuvo constituida por un surco de 5 metros de largo por 0.90 metros de ancho, dando un total de 4.5 m cuadrados como parcela útil.

### 3.6. Manejo agronómico

#### 3.6.1. Preparación del terreno.

##### 3.6.1.1. Barbecho.

Esta operación se realizó para incorporar los residuos del cultivo anterior, combatir las malezas y los insectos invernantes, aflojar el suelo para mejorar su aireación y lograr una mejor descomposición de la materia orgánica, con ello se aumenta la fertilidad del suelo y se obtiene una mejor preparación del terreno para la siembra. Se ejecutó con un tractor NH810 de 110 HP, cuyo implemento fue un arado de 5 discos reversibles hidráulicamente a una profundidad de 30 cm.

##### 3.6.1.2. Rastro.

Después de la anterior labor se efectuó un paso de rastra para desbaratar los terrones, esto se hizo con el mismo tractor NH810 de 110 HP, cuyo implemento fue una rastra de tiro de 28 discos a una profundidad de 20 cm.

### 3. 6. 1. 3. Cruza.

Con el fin de obtener un suelo completamente mullido se realizó la labor denominada cruza que es otro paso de rastra pero en sentido contrario a la primera, con el mismo tractor NH810 de 110 HP; y con el mismo implemento que fue una rastra de tiro de 28 discos de la misma profundidad de 20 cm.

### 3. 6. 1. 4. Surcado.

El surcado se hizo al mismo tiempo con una sembradora John Deer MP-25 de tres cuerpos o rejas. El surcado se realizó a una distancia de 90 cm entre surco.

### 3. 6. 2. Siembra.

La siembra se realizó el 13 de junio de 2006, con pala, depositando de cuatro a seis semillas por golpe cada 50 cm, a una profundidad de 7 cm, se manejaron surcos borderos tanto al inicio como al final de la parcela donde se estableció el experimento, para que las plantas de la orilla tuviesen competencia completa.

### 3. 6. 3. Control de maleza.

Se aplicó herbicida el 8 de junio de 2006 con una dosis de mezcla/hectárea de 2 kg de sanson, 1 litro de hierbamina y 2 litros de gesaprim.

### 3. 6. 4. Cosecha.

Se cosechó de manera manual el 6 de diciembre de 2006, cada uno de los surcos, exceptuando a los borderos de la parcela experimental, para eliminar el efecto de orilla.

### 3. 7. Variables evaluadas

Se evaluó un total de 19 variables en consonancia a la metodología recomendada por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (1985) para este tipo de ensayo, determinando características agronómicas de los materiales genéticos utilizados en este experimento, estableciendo la calidad de la semilla y las componentes de rendimiento.

#### 3. 7. 1. Días a floración masculina.

Se registro el número de días transcurridos desde la siembra hasta la fecha en la cual el 50 % de las plantas emitían polen.

#### 3. 7. 2. Días a floración femenina.

Se consideró el número de días transcurridos desde la siembra hasta la fecha en la cual el 50% de las plantas de la parcela presentaban estigmas de tres cm de largo.

#### 3. 7. 3. Altura de la planta.

En 5 plantas seleccionadas al azar, se midió la distancia en centímetros con un estadal graduado de 3 m con división cada 5 cm, desde la base de la planta hasta el punto donde comienza a dividirse la espiga (panoja), tomándose el promedio de ellas como dato final.

#### 3. 7. 4. Altura de mazorca.

En las mismas 5 plantas seleccionadas al azar, se determinó la distancia en centímetros con un estadal graduado de 3 m con divisiones cada 5 cm, desde la base de la planta hasta el nudo con la mazorca más alta, tomándose el promedio de ellas como dato final.

#### 3. 7. 5. Sanidad de la planta.

Se utilizó una escala de uno a diez, dependiendo los daños en cuanto a enfermedades que presentaba cada planta; siendo uno para las más afectadas y diez a las más sanas.

#### 3. 7. 6. Numero de plantas cosechadas.

Se registró el número de plantas cosechadas de cada parcela sin importar si tenían una, dos o ninguna mazorca.

#### 3. 7. 7. Mazorcas buenas y mazorcas malas.

Se realizó la separación de mazorcas sanas y enfermas, y se prosiguió al conteo de las mismas, anotándose dicho dato.

#### 3. 7. 8. Sanidad de mazorcas

Se utilizó una escala de uno a diez, dependiendo de los daños en cuanto a enfermedades que presentaba cada mazorca; siendo uno para las más afectadas y diez a las más sanas.

#### 3. 7. 9. Peso de 200 granos.

De una muestra desgranada de 5 mazorcas se contaron 200 granos y se pesaron con una balanza digital PM30-K con capacidad de 32 kg, marca metler.

#### 3. 7. 10. Peso volumétrico.

Se desgrano y homogenizó completamente el grano de las 5 mazorcas, pesándola en una balanza de peso hectolítrico marca Ohaus para de esta forma, obtener la relación del peso de la muestra a un volumen de litro.

#### 3. 7. 11. Longitud de mazorca.

Se midieron desde la base hasta la punta 5 mazorcas obtenidas por cada parcela, con una regla de 30 cm, obteniéndose de esta forma un promedio como dato final.

#### 3. 7. 12. Diámetro de olote.

Una vez desgranadas las cinco mazorcas, se le midió con el vernier en la parte media del olote su diámetro.

#### 3. 7. 13. Numero de granos por hilera.

Se contaron los granos de una hilera de cada una de las cinco mazorcas desde la base hasta la punta.

#### 3. 7. 14. Numero de hileras por mazorca.

Se determinó en una muestra de 5 mazorcas, contando hileras de cada una y utilizando el promedio.

#### 3. 7. 15. Granos por mazorca.

Se obtuvo de la multiplicación del número de granos por hileras por el número de hileras por mazorca.

#### 3. 7. 16. Peso de campo.

Después de la cosecha todas las plantas de la parcela, se registró en kilogramos el peso de las mazorcas con olotes, utilizando una báscula tipo reloj con capacidad de 30 kg.

#### 3. 7. 17. Porcentaje de materia seca.

De una muestra de 100 gramos de grano por parcela, obtenida en base a las mazorcas buenas se calculó su humedad en porcentaje por medio de un determinador digital

#### 3. 7. 18. Porcentaje de grano.

Resultó de la relación entre el peso del grano y el peso total de la muestra, por 100, es decir:

### 3. 7. 19. Rendimiento.

Se calculó con la siguiente fórmula, expresándola en kg/ha;

$$\text{Rendimiento: } \frac{(P.C. * \%M.S. * \%G * F.C.)}{8600}$$

P. C. = Peso de campo de la totalidad de las mazorcas cosechadas por parcela expresada en kilogramos.

% M. S. = Por ciento de materia seca de la muestra del grano de cinco mazorcas recién cosechadas.

% G. = Por ciento de grano, producto de la relación grano-olote.

F. C. = Factor de conversión para obtener rendimiento por hectárea. Se obtiene al dividir 10 000 metros cuadrados entre el tamaño de la parcela útil en metros cuadrados.

8600 = constante para estimar el rendimiento con humedad comercial del 14% (CIMMYT, 1985).

### 3. 8. Análisis estadístico.

Utilizando la información de las medias de cada variable, de cada una de las parcelas, se realizó el análisis de varianza, de acuerdo al modelo de bloques completos al azar por medio del programa SAS (Sistema de Análisis Estadístico).

$$\text{Modelo: } Y_{ij} = \mu + \beta_i + t_j + \epsilon_{ij} \quad \begin{array}{l} i= 1, 2, \dots, r = \text{bloques} \\ J=1, 2, \dots, t = \text{tratamientos} \end{array}$$

$Y_{ij}$  = Observaciones en el bloque i con el tratamiento j

$\mu$  = Media general

$t_j$  = Efecto del j-ésimo tratamiento

$\epsilon$  = Error experimental

El método que se empleó para la comparación de medias fue la prueba de rango múltiple de Tukey ( $p= 0.05$ ), a través del mismo programa de análisis estadístico.

#### IV. Resultados.

Los análisis de varianza para las diferentes variables evaluadas, indican que para rendimiento no se presentó significancia, en cambio si hubo diferencia altamente significativa, para las variables altura de planta, altura de mazorca, peso volumétrico, sanidad de mazorca, peso de 200 granos, diámetro de mazorca y porcentaje de grano, en el resto de las variables no se detectaron diferencias significativas (Cuadro 7).

**Cuadro 7. Cuadrado medios y significancia estadística obtenidas en la evaluación de variables en variedades de maíz palomero del INIFAP-UNAM en El Rancho Almaraz, FESC-UNAM, Cuautitlán Izcalli P-V 2006.**

VARIABLE	CUADRADOS GENOTIPO	MEDIOS BLOQUE	MEDIAS	COEFICIENTE		
				DE	Pr>F	Pr >F
				VARIACIÓN	BLOQUE	GENOTIPO
RENDIMIENTO	12117574.0	1495358.5	7756	38.2	0.8449	0.2596
FLORACION MASCULINA	37.95	60.82	74.45	5.5	0.0466	0.0600
FLORACION FEMENINA	37.21	52.21	77.76	6.9	0.1948	0.3119
ALTURA PLANTA	1127.67 **	270.57	228.42	6.3	0.2988	0.0007
ALTURA MAZORCA	1485.41 **	353.12	124.57	12.3	0.2484	0.0003
MAZORCA BUENA	47.74	4.73	13.90	45.10	0.8873	0.3393
MAZORCA MALA	15.85	1.48	5.39	53.8	0.8396	0.1095
PESO VOLUMETRICO	415766.82 **	5.30	387.12	3.4	0.9730	<0.0001
MAZORCA SANA	1.15 **	0.39	8.12	6.3	0.2447	0.0023
PLANTA SANA	0.30	0.27	8.64	5.2	0.2885	0.2330
PESO DE 200 GRANOS	690.09 **	37.21	52.51	13.8	0.5076	<0.0001
LONGITUD MAZORCA	1.978	1.24	14.76	8.2	0.4488	0.2796
No. DE HILERAS	2.55	1.12	16.21	6.7	0.4058	0.0699
No. DE GRANOS	10.95	4.45	27.18	9.8	0.5451	0.1975
DIAMETRO MAZORCA	0.68 **	0.088	4.19	0.8	0.1942	<0.0001
DIAMETRO OLOTE	0.035	0.057	2.43	7.02	0.1675	0.3380
GRANOS/MAZORCA	5293.36	441.12	440.51	11.9	0.8542	0.1053
% M. S.	316.96	15.11	52.15	2.3	0.0329	<0.0001
% GRANO	23.96 **	15.35	82.44	4.1	0.2823	0.0752

\*\* Altamente significativo (0.01); \* Significativo (0.05).

El coeficiente de variación más alto fue el correspondiente a mazorcas malas con 53.8%, el valor más bajo correspondió a la variable diámetro de mazorca con 0.8 %, para la variable rendimiento el coeficiente de variación fue de 38.2 % y la media de rendimiento fue 7, 756 kg/ha (Cuadro 7).

En el cuadro 8 se presentan los rendimientos obtenidos para los diferentes híbridos y combinaciones de materiales, se observa que no hay diferencia estadística significativa , para rendimiento, la media más alta se obtuvo con el híbrido Puma 1167, el cual fue desarrollado en la FESC-UNAM, la media baja en el rendimiento correspondió a la cruce (UIA242X242) X 243) X Palomero USA, la cual rindió 4496 kg/ha.

Las diferencias entre tratamientos, están un tanto relacionadas con los cruzamientos, en especial, por la participación de palomero, podría esperarse que al final de la recuperación de calidad palomera, expresaran suficiente calidad reventadora, al retrocruzarse hacia la fuente palomera, en este proceso, necesariamente se alternarían un ciclo de autofecundación y otro ciclo de retrocruzamiento, sembrando en cada ciclo suficientes plantas, para aplicar selección sobre características fenotípicas que favorecieran la adaptación de las nuevas líneas palomeras a los Valles Altos (Cuadro 8).

El segundo lugar en producción correspondió a la combinación (242AE X POB42 X PB XPB) X 244AE 244F) X Palomero USA, la cual rindió 9194 kg/ha, en tercer lugar se ubico la combinación 141 X MU2000) X Palomero Resurrección, misma que obtuvo 9003 kg/ha, en ambas combinaciones se observa un aceptable potencial de producción, el Puma 1167, debe considerarse como un híbrido excelente, por lo que podría considerarse que la productividad de las combinaciones con líneas palomeras es aceptable, ya que podría servir de información base para futuros cruzamientos, después de lograr líneas homogéneas de calidad palomera (Cuadro 8).

En cambio para las variables altura de planta y altura de mazorca, en ambos casos, hubo diferencias significativas, presentándose 4 y 3 grupos de significancia (Cuadro 8).

Para altura de planta, se establecieron cuatro grupos de significancia, encontrándose en el primero, las mayores alturas en el Puma 1167 con 263 cm, H-49 AE con 253 cm, y el H-51 AE con 245.33 cm, seguido por (141 x MU2000) x Palomero resurrección con 232.33 cm, (239 x 241) x 177) x Palomero USA con 227.33 cm, (239 x 241) x 177) x Palomero Resurrección con

225.33 cm, (244AE x 244) x 239F) x Palomero USA con 221.33 cm y (EHT49 x 18) x EHT49) #pap) x Palomero Resurrección); en el segundo grupo se presenta (244AE x 244) x 239F) x Palomero USA con 219.33 cm y 242AE x POB42 x PB x PB) x 244AE x 244F) x Palomero USA con 209.33; en el tercer grupo se presento (UIA242 x 242) x 243) x Palomero USA, siendo la variedad con menor altura de 195.33 cm diferente de las anteriores encontrándose de este modo el cuarto grupo (Cuadro 8).

**Cuadro 8. Comparación de medias (Tukey 0.05) de las variables rendimiento, altura de planta, altura de mazorca y mazorca sana evaluadas en híbridos obtenidos de combinaciones de líneas elites por maíz palomero del INIFAP-UNAM en El Rancho Almaraz, de la FES – Cuautitlán, UNAM. Ciclo Primavera – verano 2006.**

GENOTIPO	RENDIMIENTO	ALTURA	ALTURA	MAZORCA
	(kg/ha)	PLANTA	MAZORCA	SANA
Puma 1167	11,540 a	263 a	164 a	9 a
(239 X 241) X 177) X Palomero USA	6,401 a	227 abcd	121 abc	8 ab
H-51 AE	7,694 a	245 abc	154 ab	9 a
(141 X MU2000) X Palomero Resurrección	9,003 a	232 abcd	119 bc	8 ab
(EHT49 X 18) X EHT49)# pap) X Palomero Resurrección	8,171 a	221 abcd	119 abc	8 ab
H-49 AE	8,078 a	253 ab	149 ab	9 ab
242AE X POB42 X PB XPB) X 244AE X 244F) X Palomero USA	9,194 a	209 dc	119 c	9 ab
(UIA242X242)X 243) X Palomero USA	4,496 a	195 d	103 c	7 b
(244AE X 244) X 239F) X Palomero USA	8,984 a	219 bcd	116 bc	8 ab
(244AE X 244) X 349F) X Palomero USA	5,107 a	221 abcd	124 abc	7 b
(239 X 241) X 177) X Palomero Resurrección	6,670 a	225 abcd	111 bc	8 ab

D.S.H. (0.05). Medias con la misma letra no tienen diferencia estadística significativa.

En la variable altura de mazorca, se presentaron tres grupos de significancia, encontrándose en el primero el Puma 1167 con altura de 164.33 cm, H-51AE con una altura de 153.67 cm y H-49AE con altura de 148.67 cm; (244AE x 244) x 349F) x Palomero USA, (239 x 241) x 177) x Palomero USA y (EHT49 x 18)# pap) x Palomero Resurrección); en el segundo grupo le corresponde (141 x MU2000) x Palomero Resurrección); (244AE x 244) x 239F) x Palomero USA; y (239 x 241) x 177) x Palomero Resurrección y el tercer grupo pertenece (242AE x POB42 x PB x PB) x 244AE x 244F) x Palomero USA y (UIA242 x 242) x 243) x Palomero USA (Cuadro 8).

Para la variable diámetro de mazorca se determinaron tres grupos de significancia, en el primero se ubicaron el Puma 1167 y H-49 AE; en el segundo grupo formado por H-51 AE, (239 x 241) x 177) x Palomero USA, (141 x MU2000) x Palomero Resurrección, (244AE x 244) x 239F) x Palomero USA; (EHT49 x 18) x EHT49)# pap) x Palomero Resurrección, al tercer grupo se formó por (239 x 241) x 177) x Palomero Resurrección); (242AE x POB42 x PB x PB) x 244AE x 244F)

x Palomero USA, (UIA242 x 242) x 243) X Palomero USA y (244AE x 244) x 239F) x Palomero USA (Cuadro 9).

En el cuadro 9 se muestra diferencia significativa en la variable de 200 granos, presentándose 2 grupos de significancia, ubicándose en el primer grupo el puma 1167.

**Cuadro 9. Comparación de medias (Tukey 0.05) de las variables peso volumétrico, peso de 200 granos, hileras por mazorca, diámetro de mazorca, evaluadas en híbridos obtenidos de combinaciones de líneas elites por maíz palomero del INIFAP-UNAM en El Rancho Almaraz, de la FES – Cuautitlán, UNAM. Ciclo Primavera – verano 2006.**

GENOTIPO	200 GRANOS	HILERAS/ MAZORCA	DIAMETRO/ MAZORCA
Puma 1167	76 a	18 a	5.23 a
(239 X 241) X 177) X Palomero USA	38 b	17 ab	4.03 bc
H-51 AE	72 a	15 b	4.60 ab
(141 X MU2000) X Palomero Resurrección	44 b	17 ab	4.03 bc
(EHT49 X 18) X EHT49)# pap) X Palomero Resurrección	41 b	16 ab	4.00 bc
H-49 AE	78 a	15 ab	4.80 a
242AE X POB42 X PB XPB) X 244AE X 244F) X Palomero USA	42 b	16 ab	3.90 c
(UIA242X242)X 243) X Palomero USA	46 b	16 ab	3.83 c
(244AE X 244) X 239F) X Palomero USA	48 b	15 ab	3.66 c
(244AE X 244) X 349F) X Palomero USA	48 b	16 ab	4.03 bc
(239 X 241) X 177) X Palomero Resurrección	44 b	17 ab	3.96 bc

D.S.H. (0.05)

## V. DISCUSION.

En la comparación de medias (cuadro 8), para la variable rendimiento (kg/ha), se puede observar que Aún cuando estadísticamente son iguales. el Puma 1167, con un rendimiento de 11540 kg/ha obtuvo la media más alta, en comparación con los genotipos H-51 AE el cual obtuvo un rendimiento de 7649 kg/ha y H-49 AE con un rendimiento de 8078 kg/ha, estos dos materiales, en proceso de validación comercial (Espinosa *et al.*, 2007), obtuvieron una media menor que las cruza donde participa el maíz palomero (242AE x POB42 x PB x PB) x 244AE x 244F) x Palomero USA), con un rendimiento de 9194 kg/ha. a los otros genotipos, el rendimiento obtenido, señala un aceptable potencial de producción, mismo que en un futuro podría ser aprovechado al combinarse las líneas avanzadas con la contraparte que tiene buen patrón heterótico. En este caso, se deduce que la combinación de materiales diferentes en textura dentada y característica de maíz palomero propiciaron una buena respuesta y por consecuencia buena productividad.

Es una práctica frecuente introducir el germoplasma del maíz dentado en el maíz palomero para mejorar rasgos tales como el rendimiento de la producción, resistencia a enfermedades del tallo y raíz, que se alojan en el maíz palomero (Babu, *et al*, 2006).

En este experimento se utilizaron los híbridos Puma 1167, H-51 AE y H-49 AE, los cuales son genotipos de textura dentada, previamente conocidos por sus resultados bajo experimentación, en diferentes evaluaciones han demostrado que son buenos materiales, por lo que en este trabajo se consideran como aceptables referentes para evaluar la capacidad productiva y eventualmente para realizar programas de mejoramiento genético.

A pesar de la época retrasada de siembra, 13 de junio, se obtuvieron rendimientos aceptables, por lo que se puede deducir que poseen una buena capacidad productiva, misma que logró expresarse porque hubo suficiente periodo libre de heladas.

En los Valles Altos, como cita Tadeo *et al* (2004 a), la estación de crecimiento es corta, por lo tanto el ciclo de crecimiento de maíz estará limitado por el período libre de heladas, en el cual su duración varía de un año a otro; sin embargo los materiales utilizados en estos trabajos lograron cubrir sus requerimientos con base en su ciclo vegetativo hasta madurez fisiológica y cosecha, antes de que ocurriera alguna helada.

Con respecto a las otras variedades evaluadas se presentó diferencia estadística significativa (Cuadro 8) tanto en altura de planta observándose 263 cm para el Puma 1167 y el de menor altura para (UIA 242 x 242) x 243) x Palomero USA de 195 cm.

En el cuadro 8, se puede apreciar también que el Puma 1167 presentó mayor altura de planta (263 cm) con una altura de mazorca de (164 cm); H-51 AE con una altura de planta de 253 cm y una altura de mazorca de 154 cm respectivamente, no presentan diferencia estadística con el resto de los materiales en evaluación. El resto de las variedades evaluadas por lo mismo como lo afirma Milton (1986), por ser plantas altas y por tener mazorcas localizadas a mayor altura son susceptibles al acame; y por lo mismo a que produzcan grano de mala calidad, menor producción y en consecuencia la recolección será más difícil de realizar.

En el cuadro 9, con respecto a la variable de 200 granos de 76 gramos para Puma 1167, de 72 gramos para H-51 AE y 78 gramos para H-49 AE, siendo diferentes a los otros genotipos evaluados, al obtener granos más grandes y en contra parte, el que presenta la semilla más pequeña es el (239 x 241) x 177) x Palomero USA, al presentar un peso de 38 gramos.

Pons *et al* (1991) cita que un mayor rendimiento de grano se logra solamente cuando se puede obtener una combinación apropiada de genotipo-ambiente.

## VI. CONCLUSIONES.

Bajo las condiciones en las cuales se desarrollo el trabajo, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. No se presentó diferencia estadística significativa entre los genotipos en estudio para la variable rendimiento. La media más alta lo presentó el híbrido de textura dentada denominado Puma 1167 seguido por los materiales experimentales (242AE X POB42 X PB XPB) X 244AE 244F) X Palomero USA, que rindió 9194 kg/ha, y la combinación (141 X MU2000) X Palomero Resurrección, que produjo 9003 kg/ha en el presente estudio en contraste con el genotipo experimental (UIA242X242) X 243) X Palomero USA que presentó la media mas baja.
2. La productividad de las combinaciones con líneas palomeras es aceptable con respecto al testigo comercial Puma 1167, debido a que no se obtuvo diferencia significativa entre los genotipos en estudio y podría servir de información base para futuros cruzamientos, después de lograr líneas homogéneas de calidad palomera.
3. Los dos materiales donde participan palomeros (141 x MU2000) x Palomero Resurrección y (242AE x POB42 x PB x PB) x 244AE x 244F) x Palomero USA se obtuvieron una media más alta en rendimiento a los híbridos H-49 AE y H-51 AE, lo que es importante ya que estos maíces se promueven en su validación comercial y señala que hay un buen potencial productivo de combinaciones con maíz palomero.

## VII. BIBLIOGRAFIA.

Acosta D, E. 1985. Crecimiento, rendimiento y aprovechamiento de la energía solar en maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en unicultivo y asociados. Tesis M. C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

Aitken, Y. 1974. Flowering time, climate and genotype. Melbourne University Press. Australia

Alexander G. D., H. Bonavia D., C. Kelley P., Mangelsdorf y Cámara-Hernández. 1977. Study of pre-ceramic maize from Huarmey, North Central coastal Peru. Botanical Museum Leaflets, Harvard University 25.

Aldrich S. R. 1974. Producción moderna del maíz. Ediciones Hemisferio

Alfaro Y., V. M. Segovia, P. Mireles, G. Monasterios, M. Alejos, Pérez. 2004. El maíz amarillo para la molienda húmeda. Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela. Num. 6

Allison, J. C. S. y J. Watson D. 1966. The production and distribution of the dry matter in maize after flowering. Ann. Bot., N. S.

Archivo de la Biblioteca Pública de Guadalajara. 1776. Legajo del Pueblo de San Miguel, alias Sahuaripa. (S/C).

Arteaga R., R. y L. Tijerina C. 1989. Aptitud agroclimática del área de Chapingo, México, con respecto al cultivo de maíz (*Zea mays* L.) (H – 30). Agrociencia. Área Agrometeorología. Núm. 78

Azzi G. 1971. Ecología agraria. Instituto Cubano del Libro. La Habana Cuba. s. p. Bair, R. A. 1942. Growth rates of maize under field conditions. Physiol

Babu R., K. Nair S., A. Kumar, H. S. Rao, P. Verma, A. Gahalain A., A. E. S. Singh, y S. Gupta, H. 2006. Mapping QTLs for popping ability in a popcorn x flint corn cross. Theoretical and applied genetics 106:423-427

Barrientos P., F. 1962. Aprovechamiento de cruces interraciales en el programa de mejoramiento de maíz en la Mesa Central. Tesis M. C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

Barriere Y. y P. Gay J. 1983. Approche physiologique de la senescence du maïs. INRA. Physiologie du maïs. Imprimerie Durán S. A. Paris, Francia.

Becerra Q., R. 1980. Evaluación de diferentes niveles de fertilización nitrogenada y fosfórica y densidades de población sobre los rendimientos y características agronómicas de maíz palomero en San Pedro Escobedo, ITESM Campus Querétaro.

Benz F., B. 1986. Taxonomy and evolution of Mexican Maize. Thesis of Doctor. University of Wisconsin – Madison.

Bonnett O., T. 1983. Las inflorescencias del maíz, trigo, centeno, cebada y avena: su iniciación y desarrollo. Ed. Hemisferio Sur.

Cano y Cano G. 1973. Estudio morfológico comparado del fruto de 9 Razas Mexicanas de maíz (*Zea mays* L.) Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. E. N. A. Chapingo, México.

Cantrell R., G. y L. Gaedelman J. 1981. Contribution of huso leaves to maize grain yield. *Crop Sci* 21

Castro G., M. 1964. Rendimiento y heterosis con cruza interracial de maíz en México. Tesis M. C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

Celis A. H. 1982. Mejoramiento poblacional. Presentación sobre metodología de la investigación en maíz. México. Campo experimental Valle de México – Texcoco Chapingo

Chavez, E. 1913. El cultivo del maíz. Secretaria de Fomento, México.

CIMMYT 1985<sup>a</sup>. Desarrollo, Mantenimiento y Multiplicación de semilla de Variedades de Maíz y Polinización libre.

Clinfoc M. y Blumenschein. 1981. Constitución cromosómica de las razas de maíz. CIMMYT, México.

Cohen M., N. 1981. La crisis alimentaria de la prehistoria. Alianza Universidad. Madrid, España.

Cruz G., P. 1995. Capacidad productiva de maíz de riego bajo dos densidades de población en el Valle de mezquital. Tesis de Licenciatura Cuautitlán Izcalli, Edo. de México.

Cuevas S. J., A. S. Miranda C. and J. Sahagún C. 1997. Fitodomeesticación: conceptos y métodos para su estudio. Publicaciones del Programa Nacional de Etnobotánica. Serie Fitodomeesticación Num. 5. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.

Daynard, T., B. y G. Duncan W. 1969. The black layer and grain maturity in corn. *Crop Sci.* 9

Daynard T. B., M. Tanner J, and G. Duncan, W. 1971. Duration of the grain filling period and its relation to grain yield in corn. *Crop Sci.* 11

Delorit R., J. 1982. Producción Agrícola. Editorial continental S. A. de C. V. México.

De Sahagún, Fray Bernardino. 1946. Historia general de las cosas de Nueva España. Tomo I y II. Ed. Nueva España, México.

Donald C., M. 1962. In search of yield. *Jour. Austral. Inst. Agric. Sci.* 28

Duncan W., G. 1973. Maíz. In: L. T. Evans. Fisiología de los cultivos. Ed. Hemisferio Sur S. A. Buenos Aires, Argentina.

Duncan W., G., Hatfield, L. Regland, J. 1965. The growth yield of corn II. Daily growth of corn kernels. *Agron. J.* 57

Espinosa C., A. Endogamia y Heterosis. 1982. Presentación sobre la metodología de la investigación en maíz. México. Campo experimental Valle de México – Texcoco Chapingo.

- Evans L., T. 1983. Fisiología de los cultivos. Ed. Hemisferio Sur S. A.
- Faeth R., J. C. 1998. Entresacamiento, una valiosa práctica para producir semilla pura. Seminario Internacional sobre tecnología de semillas para Centroamérica, Panamá y el Caribe.
- Félix V., P. 1986. Patrón y análisis de crecimiento de tres variedades de maíz (*Zea mays* L.) Tesis M. C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México
- Fisher R., A. 1920. Some remarks on the methods formulated in recent article on "The quantitative análisis of plant growth". Ann. Appl. Biol. 7
- Flannery K., V. 1976. Huilac Nautiz. Hand Book. California Press.
- Font Q., P. 1977. Diccionario Botánico. Ed. Labor S. A. México.
- Frey N., M. 1981. Dry matter accumulation in kernels of maize. Crop Sci. 21
- Galinat W., C. 1967. Plant habit and the adaptation of corn. Experiment Station, College of Agriculture. University of Massachussetts.
- Galinat W., C. 1969. The evolution under domestication of the maize ear: String cob maize. Massachussetts Agric. Exp. Sta. Bull.
- Gamio, M. 1922. La población del valle de Teotihuacan. Talleres gráficos de la Nación.
- Gardner F. P., B. Pearce R. y L. Mitchell R. 1985. Phisiology of crop plant. Iowa State University Press. Ames, Iowa.
- Garduño V., J. L. 2000. Apuntes de la material Producción y Tecnología de semillas semestre 2000 – II UNAM FES Cuautitlán, Ingeniería Agrícola (Sin editar)
- González A., U. 1995. El maíz y su conservación. Editorial trillas. México.
- Gutiérrez H. G. F., A. Carballo C. y Ma. L. Ortega D. 1991. Calidad de semilla en maíz en función de factores genéticos, fisiológicos y ambientales. Agrociencia serie Fitociencia. Vol. 2. Núm. 1.
- Hallauer R., A. 1994. Specially Corns. CRC Press. Department of Agronomy. Iowa State University Ames, Iowa.
- Hallauer A. R. y B. Miranda J. 1982. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State University Press. Ames, IA.
- Haugh C. G., M. Lien, R. E. Hanes R., B. Ashman R. 1976. Physical Properties of Popcorn. American Soc of Agriculture. Eng. Transactions
- Hernández M. A., H. Chavez y Bourges. 1983. Valor nutritivo de los alimentos Mexicanos. Tablas de uso práctico. Publicaciones de la División de Nutrición. Instituto Nacional de la Nutrición. México D. F.

Hernández X. E. 1987. Xolocotzia Tomo II. Centros Regionales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México.

Hinojosa C., G. 1984. Fenología. Universidad Autónoma de Chapingo México.

Hoseney R, C. 1991. Principios de ciencia y tecnología de los cereales. Ed. Acriba S. A. Zaragoza, España.

Hoseney R. C., K. Zeleznak y Abderahm. 1983. Mechanism of popcorn popping. J. Cereal Sci. 1.

Hunt, R. 1982. Plant growth curves. Edward Arnold.

Hunter R., B. 1980. Increased leaf area (source) and yield of maize in short – season areas. Crop Sci. 20.

Iltis H., H. y F. Doebley J. 1980. Taxonomy of Zea (Gramineae). II. Subspecific Categories in the Zea mays Complex and a Generic Synopsis. American Journal of botany. 67.

Inglent G., E. 1970. Corn: Culture. Processing and products. The Avi Publishing Co. Inc., Westport Connecticut, U. S. A.

Janick J., W. Schery R., W. Woods F. y W. Ruttan, V. 1969. Plant Science. Freeman, San Francisco. 629.

Jugenheimer R., W. 1990. Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de Semilla. Editorial Limusa. México, D.F.

Katta S. K. y L. B. Bullerman. 1995. Journal of food protection. 58:1018-1022

Karababa, E. 2006. Physical properties of popcorn kernels. Journal of food engineering 72:100-107.

Kenneth. 2002. Relaciones fitogenéticas entre maíces palomeros de Norte América y su conexión con palomeros de Latinoamérica.

Kiesselbach T., A. 1950. Progressive development and seasonal variations of the corn crop. Nebraska Agric. Exp. Sta. Res. Bull. 166.

Kohashi S., J. 1990. Aspectos de la morfología y fisiología del frijol, *Phaseolus vulgaris* L. y su relación con el rendimiento. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 44

Kohashi S. J. y L. García B. 1989. Fenología, crecimiento y componentes de rendimiento de maíz criollo (*Zea mays* L. raza olotón) de los altos de Chiapas. Centro de Investigaciones Ecologicas del sureste. Documento interno.

Leopold A., C. y E. Kriedemann P. 1975. Plant growth and development. Mc Graw Hill, New York. 554.

Llanos, M. 1984. El maíz (su cultivo y aprovechamiento). Ediciones mundi – prensa. Madrid, España.

- Loaiza V., J. M. 1986. Crecimiento y aprovechamiento de la energía solar del maíz (*Zea mays* L.) en asociación con frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis M. C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 141.
- López R., G. 1999. Determinación del potencial de reventado de 3 colectas de la raza Palomero Toluqueño (*Zea mays* L.). Chapingo, México.
- Mac Neish R., S. 1964. Ancient Mesoamerican civilization. Science, New Series 143.
- McNeish, R. 1972. Tehuacan Project. California University press.
- Malaver H., L. 1973. Estudio comparativo de crecimiento y desarrollo de tres variedades de maíz (*Zea mays* L.) bajo condiciones de campo. Tesis M. C. Colegio de Postgraduados, Chapingo México. 141
- Malaver F., G. 1998. Indicadores visuales de la madurez fisiológica. Núm. 22. Panorama agropecuario.
- Mangelsdorf P., C. 1950. The mystery of corn. Scientific American 183 (6).
- Mangelsdorf P. C., E. Smit C. Jr. 1949. A discovery if remains of primitive maize in New Mexico. J. Heredety.
- Mangelsdorf P. C., S. Mac Neish R. y C. Galinat W. 1964. Domestication of corn. Science, New Series 143.
- Mangelsdorf P. C., S. Mac Neish, R. y C. Galinat W. 1967. Prehistoric wild and cultivad maize. Pp. 178 – 200. In: V. D. Byers (ed). The prehistory of Tehuacan Valley. University of Texas Press. Austin, Texas
- Mangelsdorf P., C. 1974. Corn. Its Origin, Evolution and Improvement. Harvard University Press, Cambridge. MA.
- Mangelsdorf P., C. y C. Pollard G. 1975. Archaeological maize from Northerm Chile. Botanical Museum Leaflets Harvard University 24.
- Mares T., R. 1999. Comida de los tarahumaras. Ed. Culturas Populares. México.
- Márquez S., F. 1992. Cálculo del coeficiente de endogamia en 12 tipos de posibles sintéticos de maíz. Agrociencia serie Fitociencia. Vol. 3. Núm. 2.
- Martínez, M. 1979. Catálogo de nombre vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México.
- Medina M., V. M. 1997. Análisis de las importaciones de maíz a México en el contexto de un mercado abierto. Tesis de licenciatura. Departamento de Economía Agrícola. UACH. Chapingo México.

Mendoza O., L. 1970. Influencia del espaciamiento entre surcos, población de plantas y fertilización sobre el rendimiento y características agronómicas de dos híbridos de maíz, bajo condiciones de riego. Tesis profesional, ENA, Chapingo México.

Mendoza O., L. 1972. Influencia del ahijamiento sobre la producción de grano y otras características agronómicas de 2 variedades de maíz bajo condiciones de riego. Tesis M. C. Colegio de Postgraduados, Chapingo México.

Mendoza R., M. 1982. Mejoramiento Genético del maíz. Presentación sobre metodología de la investigación en maíz. México. Campo experimental Valle de México – Texcoco Chapingo.

Milton P., J. y D. Allen S. 2005. Mejoramiento genético de las cosechas. Ed. Limusa. 2ª. Edición, México.

Milton P., J. 1986. Mejoramiento Genético de las cosechas. Editorial limusa. México.

Mohamed A. A., B. Aashman, R. y W. Kirleis. 1993. Pericarp thickness and other kernel physical characteristics related to microwave popping quality of popcorn. Journal of food Science. 58

Molina G., J. D. 1964. Comportamiento de razas de maíz y sus cruizas con Tuxpeño, Vandefño y Staff Stalk Synthetic en Coaxtla, Ver. Tesis M. C. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

Moran Jr. E., T. 1982. Starch digestion in fowl. Poutry Sci. 61

Muciño, D. 1975. Calendario de fiestas del Estado de México. Dirección de Turismo del Estado de México. México.

Muñoz O. A., A. Carballo, y V. A. González H., 1976. Mejoramiento de maíz en el CIAMEC. Análisis crítico y reenfoque del programa. Memorias del VI Congreso Nacional de Citogenética. SOMEFI. Monterrey, México.

Ordas A. y E. Stucker R. 1977. Effect of planning density on correlations among yield and its components in two corn populations Crop Sci. 17.

Oropeza E. y B. Ortiz L. 1989. Evaluación nutricional de la proteína del grano de seis cultivares de maíz (*Zea mays* L.) Instituto de Química y Tecnología. Facultad de Agronomía U. C. V. Maracay -2001 – Aragua Venezuela. Apdo 4579 Publicación el 6 – 12 (15).

Ortega P. R., J. J. Sánchez G., G. Castillo y J. M. Hernández C.1991. Estado actual de los estudios sobre maíces nativos de México pp 161 – 186. In: Ortega Paczka, R., G. Palomino Hasbch., F. Castillo González, V. A. Gonzalez Hernandez y M. Livera Muñoz. Avances en el estudio de los recursos filogenéticos de México. SOMEFI, México.

Palacios V. O., H. Hermilo y A. Arrieta. 1990. Comparación de probadores para evaluar líneas S1 de maíz (*Zea mays* L.) Agrociencia serie Fitociencia. Vol. 1. Núm. 1.

Peña O., M. G. y L. Rodríguez, J.1988. Caracterización y selección de líneas precoces de maíz por mínima duración de etapa fenológicas. Agrociencia. Área Mejoramiento genético. Núm. 74.

Pons H., J. L. 1989. Modificación al índice de cosecha en maíz y su correlación con otros caracteres. Tesis M. C. Colegio de Postgraduados Chapingo México.

Pons H. J. L., A. Carballo Q., V. González H. y A. Hermilio A. 1991. Modificaciones al índice de cosecha de maíz. Agrocencia serie Fitociencia. Vol. 2. Núm. 3

Ramos R., A. 1972. Descripción de la variación morfológica de los maíces de las partes oriental del Estado de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. UNAM.

Ramos R., A. 1996. Notas sobre el origen y distribución de las razas de Maíz de la mesa central de México. Documento inédito.

Reyes C., P. 1990. El maíz y su cultivo. AGT Editor. S. A. México

Richards F., L. 1969. The quantitative análisis of growth, pp. 3 – 76. In: Steward, F. C. (Ed) Plant Physiology. Vol. V. Academia Press.

Robles R., R. 1986. Cambios fisicoquímicos del almidón durante la nixtamalización del maíz. Tesis de Maestría ENCB – IPN. México.

Rojas R., T. 1988. Las siembras de ayer, la agricultura indígena del siglo XVI. Secretaría de Educación Pública. Ed. CIESAS. México D. F.

Romero A. T., L. González, y G. Reyes.

\_\_\_\_\_ (2002) Notas de trabajo de campo

\_\_\_\_\_ (2003) Notas de trabajo de campo

\_\_\_\_\_ (2004) Notas de trabajo de campo

\_\_\_\_\_ (2005) Notas de trabajo de campo

Romero C. T., L. González, D. G. Reyes R., 2006. Geografía e historia cultural del maíz Palomero Toluqueño (*Zea mays everta*). Ciencia Ergo Sum, marzo-julio, año/vol. 13, número 001, UAEM, Toluca, México. pp. 47-56.

Roqueñi B., A. 1971. Ensayo de rendimiento y capacidad de expansión en 14 variedades de maíz palomero (*Zea mays* L. subespecie everta) en Apodaca N. L. Tesis de licenciatura. División de ciencias agropecuarias y marítimas. ITESM.

Rosado, H. 1954. Un nuevo gene en el maíz. Nueva Agronomía. Estudios del campo mexicano. Ateneo Nacional Agronómico.

Ruíz, E. 1914. Estudio sobre el cultivo del maíz. Secretaría de Fomento. México.

Rust W., F. y W. Leyden B. 1994. Evidence of maize use at early and middle preclassic. La Venta Olmec sites. In: S. Johanssen and C. A. Hastorf (eds). Corn and Culture in the Prehistoric New World. Westview Press. Boulder, CO.

Salazar C., L. y J. López E., 1989. Condiciones de humedad de secado, acondicionamiento y temperatura para el reventado de semillas de *Amaranthus cruentus*.

Saenz G, S. G. 1981. Efecto de la densidad sobre producción y expansión de maíz palomero (*Zea mays* L. variedad everta) en Apodaca, N. L. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Agropecuarias y marítimas. ITESM.

Sánchez C, S. 1951. El Estado de México, su historia, su ambiente, sus recursos. Tomo I. Primera Edición. México.

Santacruz V., A. 2001. Genetic diversity of North American pop-corn and its relationship with Mexican and South American popcorns. Ames, Iowa, U. S. A.

Sehgal S., M. 1963. Effects of teosinte and tripsacum introgression in maize. Bussey Institution, Harvard University, Cambridge, Massachussets.

Seminario C., J. F. 1991. Caracterización de la colecta de maíz (*Zea mays* L.) México 5 de la raza Palomero Toluqueño. C. P. Montecillos, Texcoco, México.

Senior M. L., P. Murphy J., M. Goodman M. y W. Stuber C. 1998. Utility of SSRs for deterring genetic similarities and relationship in maize using agarose gel system. Crop science 38.

SEP. 1982. 30 monografías populares sobre el maíz. Secretaria de Educación Pública, México.

Singh V., L. Barreiro N., J. McKinstry, P. Buriak, R. Eckhoff S. 1997. Cereal Chem. 74  
Programa Nacional de Maíz Palomero 1982 – 1983. Dirección general de Economía Agrícola. México.

Soylu, S. y A. Tekkanat .2007. Interactions amongst kernel properties and expansion volume in various popcorn genotypes. Journal of food engineering 80:336-341.

Stevenson J. C. and M. Goodman M. 1972. Ecology of exotic races of maize. I. Leaf number and tillering of 16 races under four temperatures and two photoperiods. Crop Sci. 12

Tanaka, A. y J. Yamaguchi. 1972. Dry matter production, yield of maize plant. J. Facul. Agr. Hokkaido Univ., Sapporo, Japon. Vol. 57

Tadeo R., M. y A. Espinosa C. 2004. Producción y Tecnología de semillas. Universidad Autónoma de México FES Cuautitlan

Tadeo R. M., A. Espinosa C. y R. Arias. 2004<sup>a</sup>. Producción de semilla y difusión de variedades e híbridos de maíz de grano amarillo para Valles Altos. En: Revista FESC Divulgación Científica Multidisciplinaria. Año 4 (14).

Tadeo R. M., A. Espinosa C., R. G. Sánchez P. y E. Torres. 2004b. Rendimiento de forraje de híbridos experimentales puma e híbridos comerciales de maíz para Valles Altos. En: Revista FESC Divulgación Científica Multidisciplinaria Año 4 (13).

Tadeo R. M., A. Espinosa, C., R. Martínez M., R. Arias, R., D. Salazar H. y L. Rodríguez I. 2005. Nuevas variedades de maíz de grano amarillo para Valles Altos de México generadas en la UNAM, Agrosíntesis, Marzo 2005.

- Tollenaar, M. 1977. Sink – source relationship during reproductive development in maize. A review. *Maydica* XXII
- Torigoe, Y. 1984. Studies on the development phases and yielding ability of maize. Department of Agronomy Faculty of Agriculture. Kyoto University, Japan.
- Van Eijnatten C., L. M. 1963. A study of the development of two varieties of maize at Ibadan, Nigeria. *J. Agric. Sci.* 61.
- Velázquez H., J. L. y Y. Gallardo, N. 2005. Establecimiento de las Condiciones del Proceso de Extrusión para la Elaboración de Botanas a partir de Maíz. Depto de Graduados e Investigación en Alimentos, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I. P. N. México.
- Veloz R., A. 1998. Comercialización de maíz Palomero. Primer taller de especialidades de maíz. Chapingo México.
- Virgen V., J. A. 2001. H – 51 y H- 40, Dos Nuevos Cultivares de Maíz para Siembras de Riego y Buen Temporal en los Valles Altos y Zona de Transición en el Estado de México. NIFAP. En: Memoria del Día de Campo CEVAMEX. 1 Expo Nacional de Maquinaria Agrícola. 20 y 21 de Septiembre de 2001.
- Virgen V. J. A., F. Carballo, C. y G. Castillo. 1992. Caracterización de gentipos de maíz y su utilidad en el mantenimiento varietal. *Agrociencia serie Fitociencia*. Vol 3. Núm. 2.
- Vite M., J. L. 1987. Evaluación de maíz palomero (*Zea mays* L.) en Valles Altos. Tesis de Licenciatura. UNAM-FESC.
- Warren – Wilson, J. 1972. Control of crop process. In: *Crop process in controlled environments* A. R. Rees, K. E. Cokshull, D. W. Hand y R. G. Hurd (Eds) Acad. Press.
- Watson A., S. 1987. Structure and Composition in corn. Chapter 3 p 53 – 82. In: *Corn. Chemistry and Technology*. Watson y Ramstad, E. P. (Ed) Published the American Association of Cereal Chemists. Inc. St Paul, MN, U. S. A.
- Weatherwax, P. 1954. *Indian corn in old America*. MacMillan Company. New York.
- Wellhausen E. J., L. M. Roberts y X. Hernández .1951. Razas de Maíz en México, su origen, características y distribución. Secretaria de Agricultura y Ganadería. Oficina de Estudios Especiales. México D. F.
- Wellhausen E. J., L. M. Roberts y X. Hernández y P. C. Mangelsdorf (1987). (original 1951). "Xolocoyzia. Razas de Maíz en México, su origen, características y distribución en obras de Efrain Hernández Xolocotzin. Tomo II.
- Williams R., F. 1946. The physiology of plant growth with special referente to the concept of net assimilation rate. *Ann. Bot. N. S.* 10.
- Wolf M. J., L. Bruzan G., M. Mac – Master y E. Rist C.1952. Structure of the mature corn kernel. II microscopic structure of pericarp, seed, and hilar layer of dent corn. *Cereal Chemistry*. 29.

Wolf M. J., U Khod y C. Seckinger H.1969. Distribution and subcelular structure of endosperm protein in varieties of ordinary and high – lysine maize. *Cereal Chemistry*. 46.

Zeigler K. E., B. Ashman R., M. White G. y B. Wysong D.1984. Popcorn Production and Marketing. Cooperative Extensive Service, Purdue University, West Lafayette, IN, A publication of National Corn Handbook Project NCH – 5.

Ziegler K., E. 2001. Popcorn. In Hallauer, A. R. (ed). *Specialty Corns*. 2da. Edición. CRC Pressa, Boca Raton.